

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**

---

Fakulta strojní

Ústav letecké dopravy

**Stanoviště k provádění motorových  
zkoušek letadel**

**Aircraft Engine Run Station Site**

Student:

Kristián Palich

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Tuček

Ostrava 2011

## Zadání bakalářské práce

Student: **Kristián Palich**  
Studijní program: B3712 Technologie letecké dopravy  
Studijní obor: 3708R038 Technologie údržby letecké techniky  
Téma: Stanoviště k provádění motorových zkoušek letadel  
Aircraft Engine Run Station Site

Zásady pro vypracování:

1. Popište účel a druhy motorových zkoušek.
2. Hlavní bezpečnostní kritéria pro provádění motorových zkoušek.
3. Popis dosavadního řešení motorových zkoušek.
4. Návrh stanoviště pro motorové zkoušky pro letouny Boeing 737 300/400/500, Boeing 737 600/700/800, SAAB 340 a Airbus 319,320,321.

BP musí v rámci úvodu obsahovat kapitolu se stanovením cílů práce a v závěru zhodnocení dosažených cílů.

Seznam doporučené odborné literatury:

Aircraft maintenance manual Boeing 737 300/400/500  
Aircraft maintenance manual Boeing 737 600/700/800  
Aircraft maintenance manual SAAB 340  
Aircraft maintenance manual Airbus 319/320/321

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Tuček**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.  
*vedoucí katedry*

prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
*děkan fakulty*

### **Místopřísežné prohlášení studenta**

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 20. května 2011

A handwritten signature in blue ink, consisting of stylized, flowing letters, positioned above a dotted line.

Podpis studenta

### Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 20. května 2011



Podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Kristián Palich

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Tomkova 1954/13, 767 01 Kroměříž

## **Anotace bakalářské práce**

PALICH, K. Stanoviště k provádění motorových zkoušek letadel: bakalářská práce. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, 2011. 76 s. Vedoucí práce: Tuček, F.

Tato práce pojednává o návrhu stanoviště k provádění motorových zkoušek na letišti Leoše Janáčka, Ostrava - Mošnov pro letouny Boeing série 737, Airbus A319/320/321 a letoun Saab 340. Pozornost nejdříve směřuje k obecnému popisu motorových zkoušek, které se na těchto letounech provádějí. Následující kapitola se věnuje bezpečnosti při vykonávání motorových zkoušek, která je zcela nezbytná a měla by být vždy na prvním místě. Popisu stávajícího stanoviště k provádění motorových zkoušek je vysvětlena v kapitole čtvrté, zde je objasněn aktuální stav a princip vykonávání motorových zkoušek. Poslední a nejdůležitější kapitola se zabývá samotným předběžným návrhem stanoviště k provádění motorových zkoušek. Jedná se zde především o vylepšení stávajícího stanoviště o prvky, které napomáhají ke zlepšení bezpečnosti leteckého provozu a ke zvýšení bezpečnosti obsluhujícího personálu.

## **Annotation of the bachelor thesis**

PALICH, K. Aircraft Engine Run Station Site: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transport, 2011, 76 p. Thesis Head: Tuček, F.

This work deals with Aircraft Engine Run-up Station Site at Leoš Janáček, Ostrava – Mošnov aerodrome for series of Boeing 737, Airbus 319/320/321 and Saab 340. At first it is focused on the general description of engine tests, which are performed on these aircraft. The next chapter deals with the safety in engine tests, which is absolutely necessary and should always be at the forefront. Description of the current run-up station is described in the third chapter, there is described only the status and the principle of the motor tests. Last and the most important chapter deals with the very estimate plan of run-up station for engine tests. This part of thesis deals with the improvement of the existing run-up station adding various elements that help to improve aircraft safety and the safety of operating personnel.

# Obsah

<b>Seznam použitých zkratk a význam anglických slov.....</b>	<b>8</b>
<b>0 Cíle bakalářské práce.....</b>	<b>9</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>10</b>
<b>2 Motorové zkoušky .....</b>	<b>11</b>
2.1 Směrnice pro motorové zkoušky .....	12
2.1.1 Prostory určené pro provádění motorových zkoušek .....	12
2.1.2 Personál opravňující k provádění motorových zkoušek.....	12
2.1.3 Test 9 – Výměna pohonné jednotky - předzkoušené.....	18
2.1.4 Test 10 – Výměna pohonné jednotky - nepředzkoušené.....	19
<b>3 Bezpečnostní kritéria pro provádění motorových zkoušek.....</b>	<b>21</b>
3.1 Bezpečnostní motorová opatření pro spuštění motoru na zemi.....	21
3.1.1 Vstupní zóny k motoru .....	24
3.2 Nebezpečné zóny „Hazard Area“ .....	29
3.3 Zóna vstupních a výstupních plynů .....	30
3.4 Zóna bezpečného přístupu k motoru pro údržbu za chodu.....	38
3.5 Hluková hranice Hazard Area .....	40
3.6 Doporučená rychlost a směr větru pro provádění motorových zkoušek .....	43
3.7 Postupy pro přípravu motoru k provozu.....	44
3.8 Příprava motoru ke startu .....	45
<b>4 Popis dosavadního řešení motorových zkoušek.....</b>	<b>51</b>
<b>5 Návrh stanoviště k provádění motorových zkoušek.....</b>	<b>53</b>
5.1 Použití valů .....	53
5.1.1 Nejčastější typy valů.....	57
5.2 Volba typu valu .....	63
5.3 Použití klínů a dalších způsobů ukotvení letounu .....	64

5.4	Vliv vegetace a budov na šíření zvuku.....	65
5.5	Vliv počasí na šíření zvuku .....	66
5.6	Ochrana proti úderu blesku.....	66
5.7	Osvětlení plochy stanoviště .....	67
5.8	Průvodce plánování stanoviště .....	67
5.9	Předběžný návrh stanoviště k provádění motorových zkoušek.....	69
<b>6</b>	<b>Zhodnocení cílů bakalářské práce .....</b>	<b>74</b>
<b>7</b>	<b>Závěr.....</b>	<b>75</b>

## Seznam použitých zkratk a význam anglických slov

Zkratka nebo anglický název	Nezkrácený výraz	Význam / překlad
AMM	Aircraft Maintenance Manual	Údržbový manuál letadla
breakaway thrust	–	režim zpětného tahu motoru
CDU	Control Display Unit	zobrazovací a ovládací jednotka
CG	Center of Gravity	těžiště letadla
EEC	Electronic Engine Control	řídící jednotka motoru
EGT	Exhaust Gas Temperature	teplota výstupních plynů
ft	feet	měrná jednotka – stopa
hazard area	–	„nebezpečná zóna“ v okolí motoru, který je v chodu
checklist	–	kontrolní seznam používaný před startem motoru
LKMT	–	kód letiště Leoše Janáčka
MAC	Mean Aerodynamic Chord	rozsah centráže
N1	–	otáčky kompresoru
N2	–	otáčky turbíny
QEC	Quick Engine Change	rychlá výměna motoru
režim idle	–	volnoběžný režim motoru
režim takeoff (T/O)	–	vzletový režim motoru
WBM	Weight and Balance Manual	manuál hmotnosti a vyvážení



## **0 Cíle bakalářské práce**

Cílem této práce je navrhnout nejruznější vylepšení, která by byla nápomocna ke zvýšení bezpečnosti na pracovišti a při motorových zkouškách pro letouny Boeing 737, Airbus 319/320/321 a Saab 340. Aby toto bylo možné, je nezbytné znát základní bezpečnostní kritéria, kterým je věnována značná část práce. Samotný návrh stanoviště má být proveden jak pro volnoběžný, tak pro vzletový režim motoru. Měly by zde být obsaženy prvky sloužící ke zvyšování bezpečnosti pro letoun i okolní provoz.

# 1 Úvod

V posledních letech se pozornost leteckého provozu zaměřuje především na jeho bezpečnost a jistě je zapotřebí ve zvyšování bezpečnosti pokračovat. Pro zvyšování bezpečnosti není však potřeba dbát jen na bezpečnost provozu letadel ve vzduchu, ale je nezbytná správná údržba a kontrola na základě nalétaných hodin. Z tohoto důvodu se po každé údržbě definované v údržbovém manuálu pohonné jednotky nebo systému na ni navazujících provádí motorová zkouška v servisním středisku pro zjištění správnosti instalace dané součásti. Motorové zkoušky jsou operace, které vyžadují velikou pozornost a zahrnují vysoké riziko především pro pozemní personál kvůli nebezpečným zónám před i za motorem.

Aby se předešlo daným rizikovým situacím, předpis PART-66 vyžaduje na držitelích průkazu způsobilosti technika údržby letadel a osvědčujícího personálu údržby znalost lidské výkonnosti a jejího omezení.

Pro usnadnění práce při motorových zkouškách se na letištích začínají objevovat speciální stanoviště k provádění motorových zkoušek. V současné době tyto stanoviště má k dispozici 90% letišť, na kterých jsou provozována střední a velká dopravní letadla.

Při motorových zkouškách taktéž vzniká velké množství hluku, což je nepříjemnější okolnost především na letištích nacházejících se v blízkosti obytných zón. Pro tyto situace jsou také navrhována řešení.

## 2 Motorové zkoušky

Motorová zkouška je úkon provádějící se za účelem zjištění správné funkčnosti motoru a systémů na něj navazujících a zajištění bezpečnosti provozu před návratem letadla do provozu po údržbě, opravě nebo výměně některých komponentů. Motorová zkouška má několik úrovní testování od volnoběhu až po plný výkon, může se lišit dobou trvání zkoušky na určitém výkonu.

Motorová zkouška je dle údržbového manuálu rozdělena do tzv. testů, například pro Boeing 737 je testů celkem 13. Jsou rozepsány níže:

- Test 1 – zkouška těsnosti pneumatické soustavy (Pneumatic Leak Test),
- Test 2 – kontrola na únik provozních kapalin (Dry Motor Leak Check),
- Test 3A – kontrola úniku kapalin při režimu IDLE (Idle-Power Leak Check),
- Test 3B – kontrola úniku kapalin při režimu PART-POWER (Part-Power Leak Check),
- Test 5 – zkouška výkonu (Power Assurance Check),
- Test 7 – kontrola vibrací motoru (Vibration Survey),
- Test 8 – zkouška akcelerace motoru (Acceleration Check),
- Test 9 – zkouška při výměně motoru (předzkoušen) (Replacement Engine Test (Pretested)),
- Test 10 – zkouška při výměně motoru (nepředzkoušen) (Replacement Engine Test (Untested)),
- Test 12 – zkouška akčních členů (Actuators Test),
- Test 13 – kontrola motoru – kontrola EEC BITE (Engine Run – EEC BITE Test),
- Test 14A – vyvážení trimu Fanu (pomocí grafů uvedených v manuálu (Fan Trim Balance (Three Shot Plot Procedure))),
- Test 14B – vyvážení trimu Fanu (provádí se na palubě) (Fan Trim Balance (On Board Procedure)).

Všechny testy včetně postupů jsou podrobně rozepsány v AMM (Aircraft Maintenance Manual – údržbový manuál letadla) příslušného letounu, druhy zkoušek se však mohou lišit typem letounu, na kterém je motorová zkouška prováděna. Z toho důvodu je nutné dodržovat postup uváděný v daném manuálu k uvedenému typu letounu.

## **2.1 Směrnice pro motorové zkoušky**

Účelem této směrnice je definování všeobecných pravidel a postupů při provádění motorových zkoušek letadel.

### **2.1.1 *Prostory určené pro provádění motorových zkoušek***

Motorové zkoušky letadel se provádějí na určených plochách. Základní plocha pro provádění motorových zkoušek letadel je určena na severní stojánce letiště Leoše Janáčka. Při nepříznivých podmínkách (např. silný vítr, neupravená plocha) lze využít i jiné prostory letiště Leoše Janáčka po předchozí domluvě s řídicí věží. Při potřebě ovlivňování prostoru červené zóny (např. tažení letounu, ovlivňování výstupním proudem vzduchu z motoru) je vždy nutná domluva s řídicí věží. V případě provádění motorových zkoušek jen do režimu idle a při příznivých povětrnostních podmínkách (vítr, výstupní proud vzduchu) lze využít i plochu před hangárem bez narušení červené zóny.

### **2.1.2 *Personál opravňující k provádění motorových zkoušek***

Personál provádějící motorovou zkoušku musí být plně proškolen pro provádění motorových zkoušek na daný typ letounu a motoru. Musí být také autorizován organizací pro provádění výkonové motorové zkoušky nebo spuštění motoru. Spuštění motoru je fáze startu motoru do režimu idle.

### **Zásady při provádění motorových zkoušek**

Personál provádějící motorové zkoušky musí dodržovat všeobecné zásady:

- umístění letounu s ohledem na směr a sílu větru a také na nebezpečné zóny výstupního proudu vzduchu,
- kontrola prostoru před vstupem do motorů a vlastního vstupu motorů na nepřítomnost cizích předmětů, aby bylo zabráněno nasátí cizích předmětů do motoru,
- kontrola zavření všech servisních a vstupních dveří letounu,
- zabezpečení letounu proti rozjetí (klíny, čistota pod koly),
- zabezpečení komunikačního spojení s pozemním personálem,
- přítomnost pozemního hasícího zařízení,
- pozemní personál musí být poučen o nebezpečných zónách při provádění motorových zkoušek v závislosti na konkrétních režimech a zákazu vstupu do těchto zón v průběhu motorové zkoušky.

Konkrétní motorové zkoušky dle typu letadla a motorové zkoušky vždy prováděn podle platného postupu uvedeného v AMM a pro konkrétní typ letounu a motoru.

## CHECK LIST

seznam prováděných úkonů před startem motoru	BOEING 737-6/7/800
1. klíny na hlavním podvozku umístěné	7. hladina oleje IDG zkontrolováno
2. bezpečnostní zarážky nainstalovány	8. kryty zpětného tahu zavřeny a zajištěny
3. tažné zařízení v normální pozici	9. kryty fanu motoru podle požadavků
4. brzdy nastaveny a zkontrolovány	10. pozemní hasicí přístroj na místě
5. vstup / výstup motoru volný prostor	11. prostor v okolí letounu volný
6. množství oleje zkontrolováno	
checklist pro pilotní kabinu	
1. TLB zkontrolováno	25. kapacita hydraulické kapaliny pro systém A a B plný stav
2. jističe	26. přetlakování hydraulického systému zkontrolováno
– akustické varování zapnuto	27. EMDP hydraulického systému A a B zapnut
– meteorologický radar zapnuto	– světlo hydraulický tlak nízký vypnuto
3. sw baterie zapnuto	– světlo hydraulický tlak pro brzdu 3000 psi
4. volba režimu komunikace interkom	28. EDP hydraulického systému A a B zapnut
5. parkovací brzda zajištěna, svět. sign.	29. systém kontroly přehřátí potahu křídla test
6. podvozková páka a světlo vysunut a zkontrolován	– chybová a MC světla zapnuta
7. páka klappek zataženo i na ukazateli	30. přepínač souboru ventilů vypnut
8. varovné světlo - přepínač test	31. přepínač izolace ventilu auto
– - všechna světla zkontrolována	32. ventil odebírání vzduchu z motoru vypnut
9. přepínač alternativní klapky limitována	33. ventil odebírání vzduchu z PEJ zapnut
10. ovládací prvky limitovány	34. ovládání tlaku manuálně
11. spoiler limitován	35. odpouštěcí ventil otevřen
12. ventil motoru uzavřen a zeslaben	36. páka nastavení výkonu volnoběh
13. indikace olejového ventilu motoru	37. páky nastavení zpětného tahu staženy
14. palivové čerpadlo přední a zadní zapnuto	38. startovací páky uzavřeny
15. zkřížený palivový ventil otevřen	39. páky pro spuštění hasicího přístroje zkontrolovat
16. záložní zdroj energie auto	40. přepínač detektoru přehřátí normál
17. přepínač pro vypnutí IDG uzavřen	41. test přepínače přehřátí/požár
18. přenos dat po sběrnici auto	– světla a zvonek zkontrolovat
19. chladič ventilátor	42. test přepínače pro hasicí přístroj do pozice 1 a 2
– přepínač dodávky normál	– 3 blikající světla zapnuto
– přepínač odsávání normál	43. hlavní varovný systém vyvolat
20. signalizátor chybného nastavení reverzátoru tahu vypnut	– všechna světla zkontrolovat
21. přepínač EEC zapnut	– hlavní varování reset
22. vyhřívání oken vypnuto	44. nedávné poruchy EEC zkontrolovat
23. vyhřívání snímače teploty A a B vypnuto	45. světlo protisrážkového systému zkontrolovat
24. protínámrazová soustava křídla a motoru vypnuto	
– světlo pro ventil protínámrazové soustavy křídla a motoru vypnuto	

Tab. 2.1 - Kontrolní seznam pro spuštění motoru [AMM B- 737 NG]

Každý údržbový manuál obsahuje seznam, ve kterém jsou obsaženy veškeré testy, jenž jsou nezbytné a které musí být provedeny po potřebné výměně či opravě daného komponentu.

Motorové zkoušky jsou přizpůsobeny podmínce, aby celkový běh motoru na zemi byl co nejkratší.

Pro ilustraci přikládám seznam prováděných zkoušek. Z tohoto seznamu je možno odečíst, jaké zkoušky se provádějí pro konkrétní prvek či komponent. Tento seznam je převzat z údržbového manuálu pro letoun Boeing 737 NG.

Vyměněný či opravený komponent	Test
Accessory Gearbox	3B
AGB rotating seals	3B
Burner Staging Valve	12, 13A
Chip Detectors	None
Clogging Indicator	3A
Debris Monitoring System (DMS) Detectors	*[7]
Debris Monitoring System (DMS) Box	*[7]
EEC (FADEC)	*[4]
EEC Alternator	13, 3A (Do at the same time)
Engine (Pretested Engine)	9
Engine (Untested Engine)	10
Engine driven Pump (Hydraulic)	2
Fan Blades Compete Set Pair of Individual Blade Re-installation of blades in same position (Example: after blade re-lube)	7 7 (Customer's Convenience) None
FFCC Vibration Sensor	*[6]
Fuel Filter	3A
Fuel Filter Differential Pressure Switch	*[7], 3A
Fuel Flow Transmitter	13, 3A (Do at the same time)
Fuel Nozzles	3A
Fuel Nozzle Filter	3A
Fuel Pump Package	12, *[2], 13, 3A (Do 13,3A at same time)

Fuel System Pipes	3A
Hand cranking Drive Cover	3A
HPTACC Valve	12, 3A
Hydro mechanical Unit (HMU)	12, 13, 3A (Do 13, 3A at same time)
Identification Plug	*[7], *[3]
IDG	3A
IDG Air/Oil Cooler	3A
IDG Oil Cooler	3A
Igniter Plug	*[5]
Ignition Exciter	*[5]
Ignition Lead	*[5]
LPTACC Valve	12 and 3A
Lubrication Unit	3A
Main Oil/Fuel Heat Exchanger	3A
N1 Speed Sensor	13, 3A (Do at the same time)
N2 Speed Sensor	13, 3A (Do at the same time)
Oil Anti-Leak Valve	3A
Oil Filter Differential Pressure Switch	*[7] and 3A
Oil Quantity Transmitter	3A
Oil Pressure Sensor	*[7] and 3A
Oil Scavenge Filter Assembly	*[7] and 3A
Oil Scavenge Filter Element	3A
Oil Supply Filter	3A
Oil System Pipes and Manifolds	3A
Oil System Pipes and Manifolds	3A
Oil Tank	3A
Oil Temperature Sensor	*[7] and 3A
Pneumatic Bleed Air Components and Tubes	1
PT25 Sensor	*[7]

Servo Fuel Heater	3A
Start Valve	1
Starter	1 and 3A
Starter Magnetic Plug Housing	3A
T12 Sensor	*[7]
T3 Sensor	*[7]
T49.5 Probe	*[7]
TCC Sensor	*[7]
Transfer Gearbox	3B
Transient Bleed Valve	12 and 3A
VBV Actuator	12 and 3A
VBV Doors	12
VBV System (Manual Operation)	3A
VSV Actuator	12 and 3A
VSV System (Manual Operation)	3A
Wire Harnesses	*[7] and 12

*Tab. 2.2 - Seznam prováděných testů motoru CFM-56 [AMM B-737 NG]*

*\*[1] Testy musí být provedeny ve stejném pořadí, v jakém jsou uvedeny v seznamu pro každý komponent.*

*\*[2] Po provedené kontrole palivového čerpadla není nutné provádět test 12 (PAGEBLOCK 73-11-01/601).*

*\*[3] Pro ujištění, zda je označení a konfigurace správná, proveďte tento úkol: IDENT/CONFIG, TASK 73-21-00-700-808-F00.*

*\*[4] Proveďte tento úkol: FADEC System Test, TASK 73-21-00-700-802-F00.*

*\*[5] Proveďte tento úkol: Akustický test zapalovacího systému – EEC BITE Igniters Test, TASK 74-00-00-750-801-F00.*

*\*[6] Proveďte tento úkol: Monitorování vibrací za letu (AVM System) – Operational Test, TASK 77-31-00-710-801-F00.*

*\*[7] Proveďte tento úkol: EEC TEST, TASK 73-21-00-700-804-F00.*

*Tab. 2.3 - Vysvětlivky k seznamu prováděných zkoušek na motoru [AMM B-737 NG]*

Je nezbytné provést zápis z průběhu motorové zkoušky, který se provádí na připravený formulář.



Během provádění motorové zkoušky je nutné zajistit bezpečnost v okolí letounu a dodržet bezpečnostní opatření při chodu motoru, viz. kapitola 3 – Bezpečnostní kritéria pro provádění motorových zkoušek.

<table border="1" style="float: right; width: 150px;"> <tr><td style="text-align: center;">DATE</td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>												DATE	
DATE													
AIRPLANE DATA				ENGINE DATA									
AIRPLANE NO.		FUEL TYPE		ENG POS	ENGINE MODEL	ENGINE S/N	HMU P/N	EEC P/N					
TANK		FUEL QUANTITY		1									
NO. 1				2									
NO. 2				REMARKS									
CTR													
TOTAL													
ENGINE START DATA													
ENG POS	START LEVER ADV.		INITIAL FF	LIGHTUP TIME (SEC)	STARTER CUTOFF (%N2)	MAX. EGT (°C)	MAX. FF	TIME TO IDLE (SEC)	OIL			VIBRATION (UNITS)	
	%N2	MOTING TIME (SEC)							QTY	TEMP	PRESS		
1													
2													
HYDRAULICS				ADDITIONAL DATA REQUIREMENTS									
HYD SYS	HYD QTY	HYD SYS PRESS		ENG POS									
		EMDP	EDP										
A				1									
B				2									
TEST NO. 5 – POWER ASSURANCE CHECK													
ENG POS	OAT	TARGET (%N1)	RECORDED VALUES										
			%N1			%N2			EGT				
1													
2													

Tab. 2.4 - Tabulka pro zapisování hodnot získaných během motorové zkoušky (1/2) [AMM Boeing 737]

<table border="1" style="float: left; width: 150px;"> <tr><td style="text-align: center;">AIRPLANE NO.</td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>				AIRPLANE NO.		<table border="1" style="float: right; width: 150px;"> <tr><td style="text-align: center;">DATE</td></tr> <tr><td style="height: 20px;"></td></tr> </table>				DATE	
AIRPLANE NO.											
DATE											
TEST NO. 7 – VIBRATION SURVEY											
ENG POS	OAT	BARO	STATIC T.O. TARGET (%N1)			SELECTOR SWITCH POSITION					
REMARKS; DISCREPANCIES											

Tab. 2.5 - Tabulka pro zapisování hodnot získaných během motorové zkoušky (2/2) [AMM Boeing 737]

Každý test (motorová zkouška) je určena k přezkoušení, zda byl komponent nainstalován či opraven správně a zda nezpůsobuje v systému kolizi. V případě, že by byl komponent nainstalován chybně a následně by nebyla provedena motorová zkouška na otestování funkčnosti vyměněného komponentu, mohlo by dojít k poruše dané součásti, poruše motoru nebo dokonce k jeho poškození a nutné následné výměně za vysoké náklady. V horším případě by mohlo dojít k poruše motoru za letu a tím k ohrožení bezpečnosti cestujících a posádky na palubě letounu.

Celkový postup pro provedení určitého druhu motorové zkoušky po určité údržbě je uveden v AMM ke konkrétnímu typu letounu a je nutné postupovat podle úkonů, které jsou v AMM uvedeny.

Zde se budu, pro názornost, zabývat motorovou zkouškou, která se provádí po výměně motoru na letounu Boeing 737 – 600/700/800/900. Tato motorová zkouška se dále dělí na dvě hlavní kategorie:

- motorová zkouška po výměně motoru – předzkoušený motor (AMM TEST 9),
- motorová zkouška po výměně motoru – nepředzkoušený motor (AMM TEST 10).

### **2.1.3 Test 9 – Výměna pohonné jednotky - předzkoušené**

Tato motorová zkouška má za úkol provést všechny testy, které jsou nezbytné po výměně předzkoušené pohonné jednotky. Předzkoušený motor je motorový celek, který může obsahovat součásti pro rychlou výměnu motoru (QEC). Na tomto motoru byla již provedena motorová zkouška ještě před samotným namontováním na letoun (tuto zkoušku provádí výrobce motoru nebo oprávněné servisní středisko), která musela vyhovět předepsaným hodnotám. V případě, že motor nebyl předzkoušen, je nutné udělat postup uvedený v kapitole Test 10 – Výměna pohonné jednotky – nepředzkoušené, aby se zajistila maximální funkčnost a spolehlivost motoru. Z praxe se uvádí, že ve velké většině případů motor bývá již od výrobce předzkoušen, proto je dostačující po montáži provést postup uvedený v kapitole Test 9 – Výměna pohonné jednotky – předzkoušené příslušného AMM.

## References

Reference	Title
24-11-00-700-802	Operational Test For Number 1 IDG (P/B 501)
24-11-00-700-803	Operational Test For Number 2 IDG (P/B 501)
26-11-00-710-801	Engine Fire Detection - Operational Test (P/B 501)
29-11-00-860-804	Hydraulic System A or B Pressurization with an Engine-Driven Pump (EDP) (P/B 201)
30-21-00-710-801	Engine Cowl Anti-Icing - Operational Test (P/B 501)
36-00-00-860-801	Supply Pressure to the Pneumatic System (Selection) (P/B 201)
36-11-04-400-801	PRSOV Installation (P/B 401)
71-00-03-600-803-F00	Depreservation of an Engine On-Wing (Task Selection) (P/B 201)
71-71-00-200-801-F00	Engine Vents and Drains Inspection (P/B 601)
73-21-00-700-804-F00	EEC TEST (P/B 501)
73-21-00-700-808-F00	IDENT/CONFIG (P/B 501)
73-21-00-700-809-F00	EEC Discretes Test (P/B 501)
73-21-00-740-803-F00	EEC BITE TEST - RECENT FAULTS (P/B 501)
73-21-00-800-801-F00	Erase All EEC Faults (P/B 501)
79-00-00-710-806-F00	Operational Check of the DMS (P/B 601)

## Location Zones

Zone	Area
211	Flight Compartment - Left
212	Flight Compartment - Right
411	Engine 1 - Engine
421	Engine 2 - Engine

Tab. 2.6 - Ukázka úkonů prováděných při motorové zkoušce, které jsou popsány v AMM k Boeing 737. Každý úkon je opatřen odkazem na konkrétní kapitolu [AMM Boeing 737]

V případě, že byl měněný motor zakonzervován, je nutné provést odkonzervování motoru, které je taktéž popsáno v příslušném údržbovém manuálu.

Samotný Test 9 obsahuje spoustu dalších testů, jako je například odkonzervování motoru (jen v případě, pokud byl od výrobce zakonzervován), kontrola a mazání údajů z EEC, test detektorů požáru, test těsnosti ventilu PRSOV, provozní testy pro DMS. Pro zkoušku těsnosti na režim idle se provádí Test 3A, tento samotný test má svůj další postup, který je taktéž popsán v AMM. Zahrnuje další testy, jako jsou Provozní zkouška pro první motor, Provozní zkouška pro druhý motor, Provozní zkouška krytů protinámrazového systému motoru.

### 2.1.4 Test 10 – Výměna pohonné jednotky - nepředzkoušené

Tato zkouška je téměř totožná se zkouškou předchozí, avšak je rozšířena o další zkoušky týkající se samotného motoru. Aby se jednotlivé části zkoušky neopakovaly, budou zde popsány pouze ty zkoušky, které se provádějí navíc. Jsou to například Mokré protočení motoru, dále je zapotřebí provést Test 7 – kontrola vibrací motoru a následně

Test 5 – zkouška výkonu. Dále přezkoumání olejového filtrového elementu a také palivového filtrového elementu. V obou případech je nutné celý element demontovat a následně nainstalovat zpět. Filtrový element pro palivový filtr by měl být nový. V předposlední řadě se musí provést kontrola startéru a v konečně kontrola zapojení startéru.

Jakmile jsou všechny tyto úkony provedeny a hodnoty i ostatní údaje odpovídají hodnotám běžným, můžeme tuto zkoušku považovat za úspěšnou.

### **3 Bezpečnostní kritéria pro provádění motorových zkoušek**

Následující text a obrazová dokumentace vychází převážně z údržbového manuálu pro letoun Boeing B-737 NG a je zároveň doplněn o údaje z údržbového manuálu pro letoun Saab 340 a Airbus 320.

Bezpečnost v letectví je vždy na prvním místě, proto se musí postupovat dle předepsaných úkonů a vždy se musí dbát na bezpečnostní předpisy.

Při provádění motorových zkoušek existuje několik bezpečnostních kritérií. Procedury pro přípravu motoru k motorové zkoušce, jejího průběhu a ukončení zkoušky jsou dle AMM pro Boeing 737 NG rozděleny do 11 částí:

1. Bezpečnostní motorová opatření pro spuštění motoru na zemi
2. Bezpečnostní motorové provozní limity
3. Postupy pro přípravu motoru k provozu
4. Start motoru (odděleně)
5. Start motoru (normální start)
6. Start motoru (manuální řízení startovacího motorového ventilu)
7. Start motoru (cross bleed start)
8. Vypnutí motoru (běžné vypnutí)
9. Vypnutí motoru (nouzové vypnutí)
10. Suché protočení motoru
11. Mokrý protočení motoru

V této kapitole se bude práce zabývat dvěma kapitolami, které obsahují základní bezpečnostní pokyny a postupy prováděné před zahájením motorové zkoušky k zajištění maximální bezpečnosti na pracovišti. Tyto kapitoly nesou název Bezpečnostní motorová opatření pro spuštění motoru na zemi a Postupy pro přípravu motoru k provozu. Tyto kapitoly budou dále rozebrány podrobněji.

#### **3.1 Bezpečnostní motorová opatření pro spuštění motoru na zemi**

Tato úloha se zabývá řešením bezpečnostních podmínek na pozemním pracovišti pro provádění motorových zkoušek, zahrnuje také bezpečnostní podmínky pro zacházení

s letounem, ukotvení letounu či použití klínů, aby se zabránilo nežádoucímu pohybu letounu při motorové zkoušce.

V této kapitole jsou zahrnuty i předpisy týkající se nebezpečných zón okolo motoru během jeho chodu (ang. exhaust hazard area) ať už na volnoběh (režim idle), částečný nebo plný výkon a zón pro přístup k motoru za chodu. Těmto zónám je věnována pozornost dále, jsou navíc doplněny obrázky.

Při každé motorové zkoušce musí být k dispozici plně funkční ruční hasicí přístroje pro okamžité použití v situaci, že by se na motoru vyskytl nežádoucí požár.

Veškerý letecký personál, který je přítomný motorové zkoušce, musí stát mimo nebezpečnou zónu motoru, především v části vstupního ústrojí motoru, kde by mohlo dojít k nasátí do motoru. Veškerý personál musí stát mimo motorovou bariéru, když je motor v chodu. V případě porušení těchto pravidel by mohlo dojít k těžké újmě na zdraví nebo i v nejhorších případech k smrti.

Nasávaný vzduch může způsobit nasátí jakéhokoliv předmětu, jako jsou například čepice, brýle, části oblečení a další nežádoucí materiál. Všechny tyto předměty musí být odstraněny před zahájením motorové zkoušky. V případě nasátí nežádoucího předmětu by mohlo dojít k poškození lopatek motoru nebo i jiné části a došlo by ke vzniku materiálních škod.

Bezpečnostní úkony prováděné před zahájením motorové zkoušky:

- personál musí být ujistěn, že se před vstupním ústrojím motoru nenacházejí volně ležící předměty, které by mohly být nasáty do motoru,
- personál musí zajistit, že se před vstupním ústrojím v dopředném směru a do stran nenacházejí žádné předměty až do vzdálenosti 40 stop (ft),
- personál se musí ujistit, že plocha v dopředném směru od motoru je pevná a nenacházejí se na ní volné předměty,
- personál se musí ujistit, že osoby s jednotlivými volnými kusy oblečení, brýlemi apod. stojí v bezpečné zóně mimo vstupní ústrojí,
- při chodu motoru je nutno dodržovat dohled na vstup do motoru.

Nebezpečné zóny motoru jsou uvedeny na štítcích, které jsou umístěny na levé i pravé straně krytu fanu na obou motorech. Zóny jsou vyznačeny pomocí červených pruhů, nápisy „no entry“ a varovnými nápisy.

Osoby pohybující se kolem pohonné jednotky během motorové zkoušky musí tyto nebezpečné zóny důkladně znát a vyvarovat se vstupu do těchto zón.

Po startu motoru je možnost vzplanutí nahromaděného paliva, které může vyšlehnout z výstupní části motoru do velké vzdálenosti, proto nesmí žádná osoba stát v tomto prostoru během startu motoru a alespoň 30 sekund po startu motoru. Zároveň musí být z této oblasti odstraněny veškeré hořlavé látky.

Je zakázáno vstupovat do prostoru motoru, když je chod motoru větší jak režim idle. Při vyšších režimech motoru než režim idle již neexistují bezpečné zóny pro přístup k motoru. V případě vstupu do této zóny a při větších otáčkách motoru než v idle režimu může dojít k vážným zraněním nebo smrti a také k poškození motoru.

Veškerý personál, který je přítomen motorové zkoušce, musí mít všechny schválené ochranné pomůcky, především protihluková sluchátka, aby se předešlo poškození sluchu.

Je zakázáno dotýkat se jakýchkoliv částí zapalovací soustavy, protože je tato soustava pod velmi vysokým napětím, které je pro člověka nebezpečné.

Rychlost výstupního proudu vzduchu od motoru a rychlost výstupního proudu vzduchu od fanu je velice vysoká, zvláště při vzletovém režimu. Může dojít k přesunu nebo pohybu menších i větších částí v tomto prostoru, i větších kusů kamenů nebo jiných materiálů a odhodit jej na velkou vzdálenost. Z těchto důvodů musí být letoun postaven na místě, kde nemůže dojít k odhození jakýchkoliv částí materiálů a k poškození zdraví nějaké osoby.

V případě, že je potřeba provádět motorovou zkoušku v místě, kde probíhá i jiný provoz, jsou nutná další opatření, aby nedošlo k ohrožení jiných letadel či personálu. Jednou z možností je použití tzv. valů (ang. Jet Blast Deflector). Tyto valy slouží ke změně úhlu proudu vzduchu, nejčastěji do vertikálního směru. Díky použití valů je možný další provoz i za letounem.



Obr. 3.1 - Použití valů [www.historyofpia.com]

Oblasti „Hazard area“ jsou zóny, které mají veliký význam pro údržbu a personál. Znázorňují, v jakých místech a při jakých režimech motoru je stále bezpečné se pohybovat. Znalost těchto zón je pro obsluhující personál nezbytné. Bez znalosti těchto zón může velice snadno dojít k úrazu. Zmíněné oblasti jsou znázorněny na následujících obrázcích: Volnoběžný režim idle (Obr. 3.2), reverzový režim (breakaway thrust) (Obr. 3.4), vzletový režim (takeoff thrust) (Obr. 3.6).

Teplota výstupního proudu je velice vysoká jak v režimu idle, tak i ve vzletovém režimu. Horké plyny dosahují do velké vzdálenosti za letoun, kde je možnost porušení či poškození materiálů, například asfaltu. Doporučený materiál pro části povrchu vystavené dlouhodobému působení výstupního proudu vzduchu je beton!

Při chodu motoru je velice nebezpečné dýchat spaliny, jelikož obsahují malé množství karbon-monoxidu a při kontaktu s očima může také dojít k jejich podráždění. Při dlouhodobé inhalaci spalin vzniká riziko poranění nebo podráždění plic.

Reverzační tah je většinou použit po dosednutí letounu na přistávací plochu při přistávání, může ale také být použit, pokud je na letounu prováděna údržba reverzorů tahu.

Při použití reverzorů tahu je sekundární výstupní proud obrácen do směru dopředného. Nebezpečné zóny při použití reverzorů tahu jsou zobrazeny na Obr. 3.8.

### 3.1.1 Vstupní zóny k motoru

Je nebezpečné chodit do blízkosti k motoru, pokud pracuje v otáčkách vyšších než ve volnoběžném režimu idle. V případě porušení bezpečnostních předpisů může dojít k újmě na zdraví nebo dokonce smrti.



Během údržby je nezbytné být v těsné blízkosti motoru, proto musí být použity vstupní a výstupní zóny k motoru. Tyto zóny pro volnoběžný režim idle jsou znázorněny na Obr. 3.13 a Obr. 3.14.

Doporučené bezpečnostní pomůcky při údržbě motoru za chodu jsou bezpečnostní tenké lano, které je předepsáno příslušným manuálem.

V případě, že je použito bezpečnostní lano, musí toto lano být připnuté na správném místě na krytu fanu.

Přístupové zóny k údržbě motoru za chodu mohou být použity jen za splnění těchto podmínek:

- K motoru se nesmí přistupovat, pokud je v režimu jiném než v režimu idle. Zároveň se nesmí měnit výkon pohonné jednotky, pokud se u motoru nacházejí členové personálu,
- komunikace mezi pozemním personálem a personálem obsluhující výkon motoru v pilotní kabině je nezbytná,
- musí být brány v úvahu všechny nebezpečné zóny (hazard area), když personál vstupuje k motoru,
- doporučuje se použití bezpečnostního lana k upevnění personálu a k předejití nasátí do motoru,
- pokud je vítr větší než 25 uzlů, musí být zvýšena hranice zóny přední části o 20%.

Veškerý personál by měl mít schválené ochranné prostředky pro sluch, pokud se nacházejí na pracovišti, kde je hluk větší než 84 dB. Dodržením tohoto kritéria lze předejít poraněním sluchu. Oblasti Hazard area pro hluk jsou znázorněny na Obr. 3.16. Obrázek s grafem, který znázorňuje množství přijatelného hluku je zobrazen na Obr. 3.17.

Pokud nejsou dodržovány předpisy o nošení osobních ochranných prostředků, může dojít k nechtěným následkům, jako například dezorientace, porušení rovnováhy nebo špatné korigování pohybů.

Nezbytnost dodržování bezpečnostních předpisů a nošení ochranných prostředků popisuje Lidský činitel, což je multidisciplinární vědní obor (technicko – přírodovědně – humanitní) zabývající se optimalizací výkonnosti člověka. Definování hluku dle Lidského činitele je následující:

Hluk je jedním z nejvýznamnějších zátěžových faktorů při práci v leteckém provozu. Hlukem se stává zvuk, jehož akustický výkon překročí hodnotu, která aktuálně zhoršuje až

znemožňuje hlasovou komunikaci maskováním řečového signálu, navozuje sluchovou únavu a při dlouhodobé expozici trvale poškozuje smyslové buňky sluchového ústrojí. Pro účely ochrany zdraví při práci jsou v České republice imisní limity hluku a limity vibrací stanoveny společnými zákonnými normami.

Emisní hodnoty hluku a ochrana zdraví před nepříznivými účinky hluku v letectví jsou legislativně ošetřeny zákonem č. 49/1997 Sb., o civilním letectví ve znění pozdějších předpisů a nařízeními vlády č. 502/2000 Sb. a 455/2001 Sb. o ochraně před nepříznivými účinky hluku a vibrací.

Technici údržby letadel jsou vystaveni kombinaci hluků s rozdílným biologickým účinkem a to hluku ustálenému, proměnnému a hluku impulsnímu. Zdrojem ustáleného a proměnného hluku jsou letecké motory, hlavním zdrojem impulsního hluku je rádiová korespondence. Jestliže je škodlivou složkou ustáleného hluku nadměrná intenzita, u impulsního hluku jí jsou časové parametry („nárazy“) zvuku.

Akustickou zátěž je možno přesně měřit zvukovými dozimetry; z jejich údajů se následně vypočítává směnová nebo týdenní expozice hluku. Pro všeobecnou orientaci mohou posloužit následující údaje. Pro týdenní expozici při osmihodinových směnách kumulovaná akustická zátěž nesmí překročit 85dB(A). Pro krátkodobou expozici je pro ustálený/proměnný hluk přípustná limitní hodnota 110dB(A) na dobu nejvýše 12 minut. Nejvyšší přípustnou špičkovou hladinou impulsního hluku je 140dB(C), expoziční dávku nutno vypočítat podle metodiky nařízení vlády č. 502/2000 Sb. Pokud pracovník nedodrží zásady bezpečnosti práce a nechrání svůj sluch, poškozuje letecký hluk po několika letech práce natrvalo vláskové buňky sluchového ústrojí. To má za následek snížení sluchového prahu pro čisté tóny, intenzivnější v pásmu řečových frekvencí než v okrajových pásmech slyšitelných zvuků.

V prevenci poškození sluchu hraje významnou úlohu kontrola a stínění hlukových zdrojů, snižování hlučnosti leteckých motorů, minimalizace času potřebného na údržbu za chodu motoru a pravidelné kontroly hlukové expozice. V následující tabulce je možné vyčíst pomocí jakých typů ochrany lze docílit k požadovanému snížení hluku. (Studijní modul 9 – Lidský činitel, Šulc J., s. 65 - 66).

Typ ochrany	Frekvenční útlum (Hz)				
	1 – 20	20 – 100	100 – 800	800 – 8000	> 8000
zátky	5 – 10	5 – 20	15 – 35	25 – 40	30 – 40
sluchátka	0 – 2	2 – 15	15 – 35	30 – 45	35 – 45
sluchátka + zátky	10 – 15	15 – 25	25 – 45	30 – 60	40 – 60
komunikační sluchátka	0 – 2	2 – 10	10 – 30	25 – 40	30 – 40
přilby	0 – 2	2 – 7	7 – 20	20 – 55	30 – 35
přilby kryjící hlavu	3 – 8	5 – 10	10 – 20	30 – 60	30 – 60

*Tab. 3.1 - Útlumové charakteristiky protihlukových ochranných prostředků [Učební texty dle JAR-66, Lidský činitel v letectví, J. Šulc]*

Pokud se personál nachází v blízkosti zdroje velkého hluku jen po krátkou dobu, může dojít k dočasnému podráždění uší, v některých případech může dojít k dočasnému snížení citlivosti sluchu.

V případě, že je personál vystaven velkému množství hluku po delší dobu, může dojít k poškození sluchu dlouhodobě, v nejhorších případech dokonce k ohluchnutí.

V případě, že je personál vystaven velkému množství hluku po krátkou dobu, může dojít k poškození sluchu krátkodobě, tzn. že po určitou dobu nemusí slyšet vůbec.

Jestliže se personál nachází v blízkosti motoru, který je v chodu, měl by vždy nosit osobní ochranné prostředky pro ochranu sluchu. Doporučená jsou klapková sluchátka.

Po motorové zkoušce a po vypnutí motorů je nutno dbát zvýšení opatrnosti, aby nedošlo ke styku personálu s kteroukoli horkou částí motoru, kde by mohlo dojít k popálení nebo jinému úrazu.

Při kontaktu kůže se zbytky oleje nebo paliva může dojít k absorpci jedovatých látek. Při dlouhodobé expozici kůže s oleji nebo palivy může dojít k poraněním, proto se v takovém případě doporučuje odstranit tyto látky co nejdříve to je možné.

Přetlakový olejový systém – neotevírejte víko olejového systému, dokud není jeho tlak nulový. Ve většině případů je doba klesání tlaku na nulovou hodnotu okolo 5 minut. Ve víku

olejové nádrže je přetlakový sprejový ventil, který může způsobit vystříknutí horkého oleje na personál v případě, že dojde k jeho povolení dříve než 5 minut po vypnutí motoru.

V případě, že je nutné otevření víko je zapotřebí dodržet následující kroky:

- tlak oleje se postupně snižuje po vypnutí motoru,
- ujistěte se, že při demontáži víka k olejové nádrži motoru nedochází dříve než 5 minut po vypnutí motoru.

Při použití odmrazovací kapaliny nesmí být použito sprejové pistole ve vstupním ústrojí motoru. Odmrazovací kapalina může způsobit znečištění součástí motoru nebo zhoršení výkonnosti motoru.

Odmrazovací kapalina bývá použita pro odstranění a prevenci námrazy na křídlech, trupu a motorových krytech:

1. ujistěte se, že se odmrazovací kapalina nedostane do vnitřní části nebo výfukové části motoru. Pokud se přesto dostane část odmrazovací kapaliny do vnitřní části motoru, je zapotřebí očistit všechny lopatky fanu čistým hadříkem.

Přenastavování plynových pák musí být provedeno pomalu a plynule. Pokud nejsou dodrženy tyto instrukce, může dojít k poškození motoru.

2. Vždy, pokud je to možné, musí být plynové páky přenastavovány pomalu a plynule,
3. směr větru a jeho rychlost může způsobit problémy se stabilitou výkonu motoru,
4. letoun musí být při provádění motorové zkoušky postaven proti směru větru, aby se předešlo bočnímu větru vstupujícímu do vstupního ústrojí motoru a případné nežádoucí pumpáži motoru,
5. doporučená rychlost větru, jeho směr a limity pro provádění motorových zkoušek jsou zobrazeny na Obr. 3.21,
6. pokud byly při motorových zkouškách zaznamenány neobvyklé hodnoty, zkontrolujte parametry N1, N2 a EGT, přehřátí motoru může způsobit nebo zapříčinit poruchu motoru.

Povětrnostní limity pro provádění údržbových operací na motoru:

1. statická údržba motoru není povolena za těchto podmínek:
  - nastavení výkonu, které je víc než 70%N1, a
  - boční vítr, který má větší rychlost než 15 uzlů, nebo

- veškerý zářivý vítr, který je víc než 5 uzlů.

K hašení motoru se nesmí používat suchý chemický hasicí přístroj. Suché chemické hasicí přístroje mohou způsobit korozi některých částí motoru.

V případě, že byly použity suché chemické hasicí přístroje, postupujte podle pokynů uvedených v příslušném údržbovém manuálu.

Voda není doporučována k odstraňování suchých chemických náplní do hasicích přístrojů, protože:

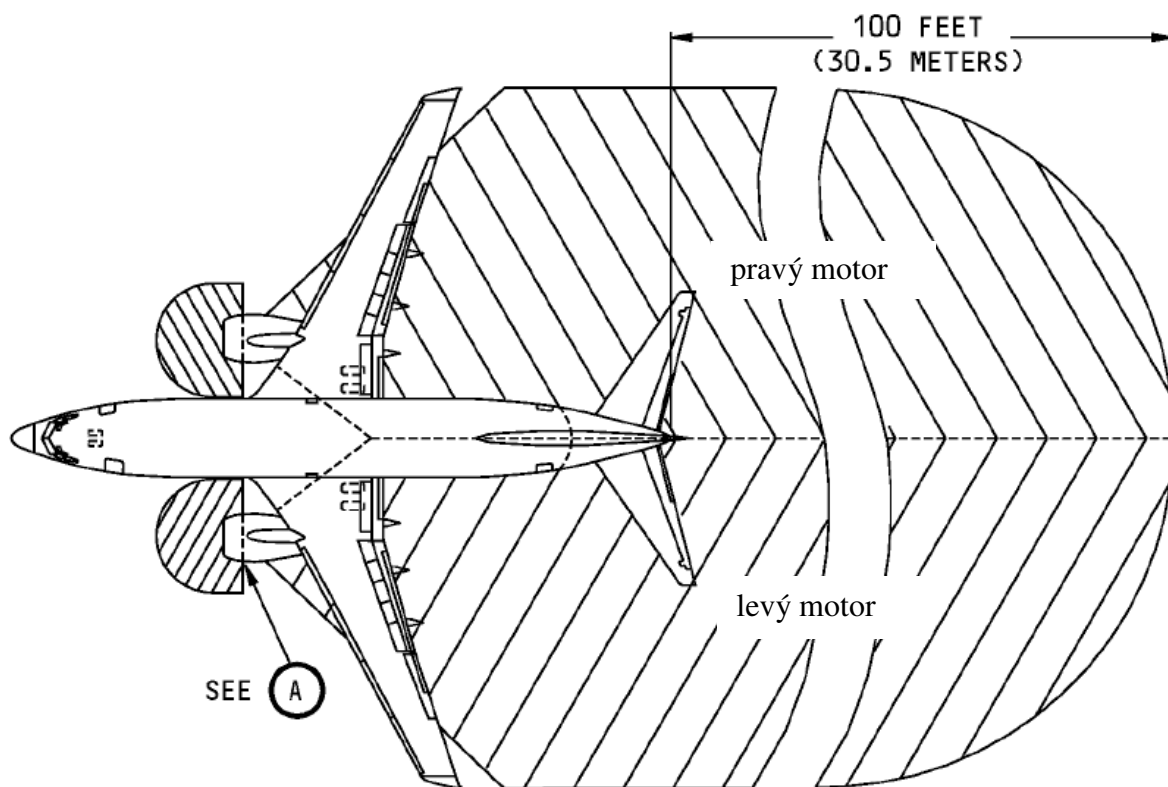
- tyto hasicí látky nejsou rozpustné ve vodě,
- voda může způsobit sloučení a zanesení motorových částí,
- může dojít ke snížení výkonu motoru nebo korozi a následnému poškození, pokud není voda odstraněna dostatečně.

### **3.2 Nebezpečné zóny „Hazard Area“**

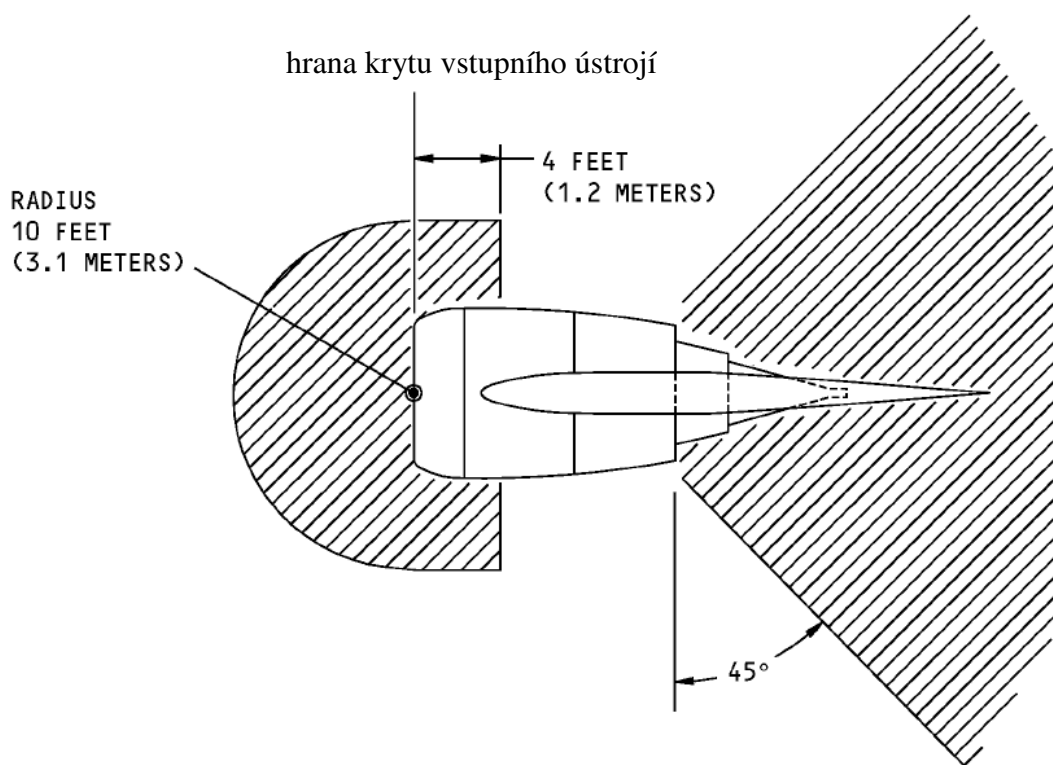
Při provádění motorových zkoušek je nezbytné dodržovat určité bezpečnostní předpisy. Nejnebezpečnějším prvkem při chodu motoru je samotný vzduch. Jedná se především o vstupní část motoru, kde dochází k podtlaku, tudíž může dojít k nasátí nežádoucích předmětů do motoru. Další nebezpečnou částí je výstupní proud vzduchu, který při vyšších režimech dosahuje obrovské rychlosti a veškeré neupevněné předměty mohou být přisáty a uvedeny do pohybu, čímž se stávají nebezpečnými nástroji.

Pro předejití jakýchkoliv komplikací je nezbytné vyvarovat se níže zobrazeným nebezpečným zónám. V případě nutnosti přístupu k motoru za chodu je to možné jen na režim idle a taktéž jen ve vyhrazených místech.

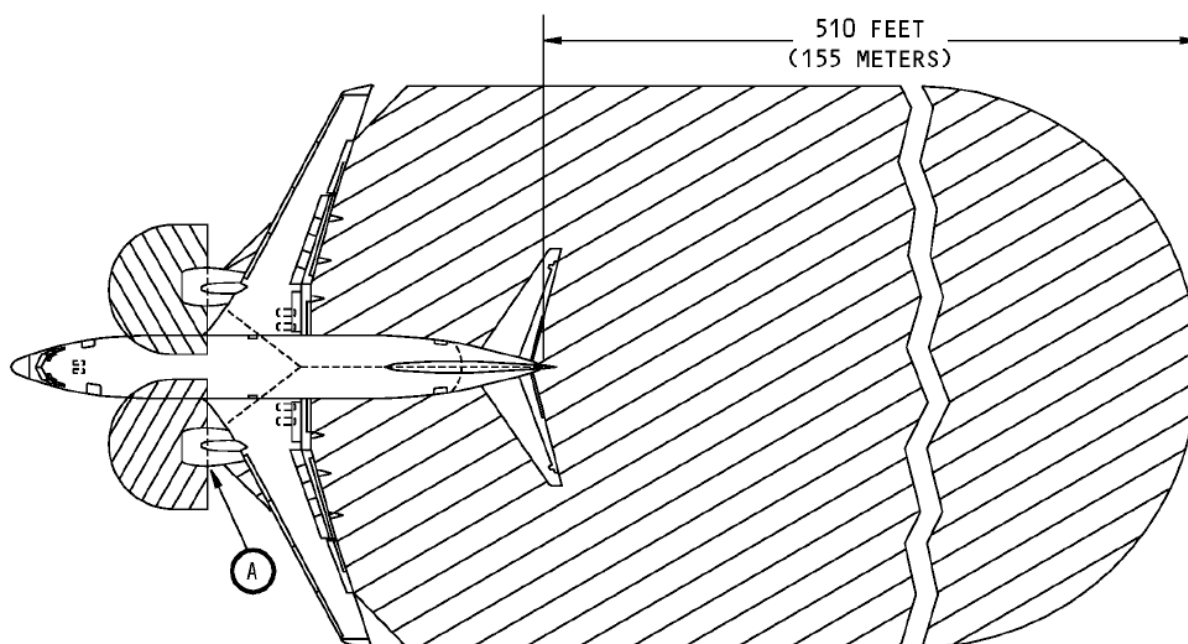
### 3.3 Zóna vstupních a výstupních plynů



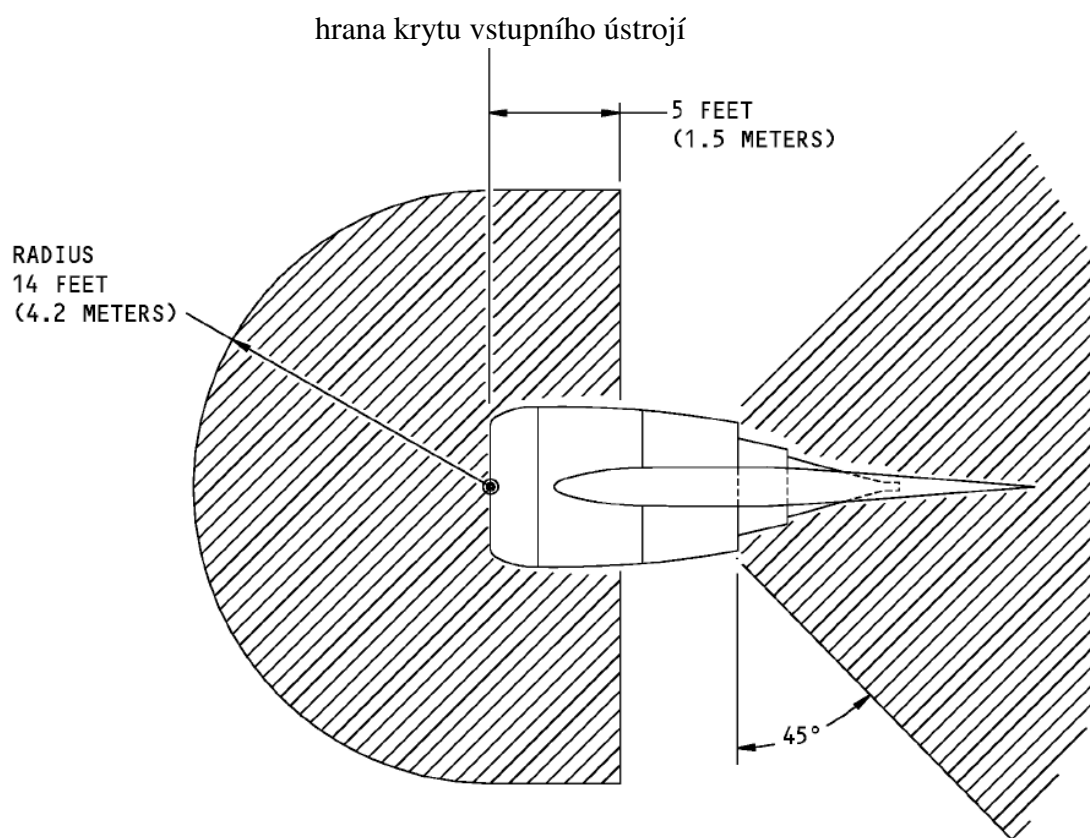
Obr. 3.2 - Hazard Area výstupních plynů pro volnoběžný režim idle [AMM B-737 NG]



Obr. 3.3 - Hazard Area vstupních plynů pro volnoběžný režim idle [AMM B-737 NG]



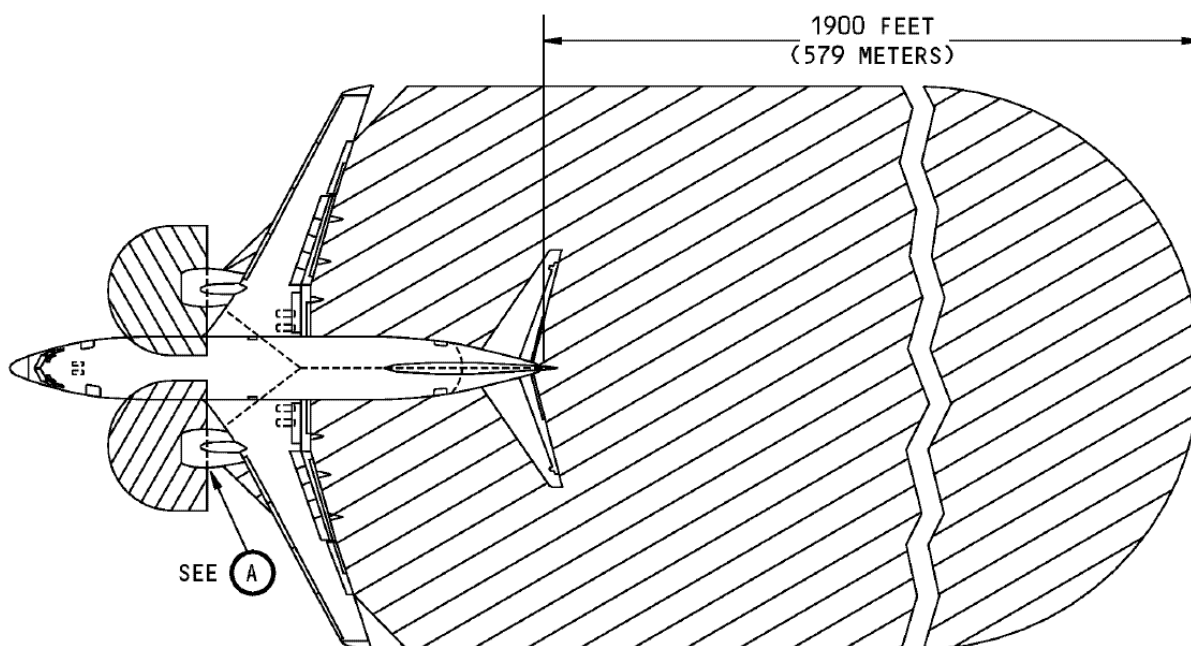
Obr. 3.4 - Hazard Area výstupních plynů pro reverzový režim Breakaway Thrust [AMM B-737 NG]



Obr. 3.5 - Hazard Area vstupních plynů pro reverzový režim Breakaway Thrust [AMM B-737 NG]

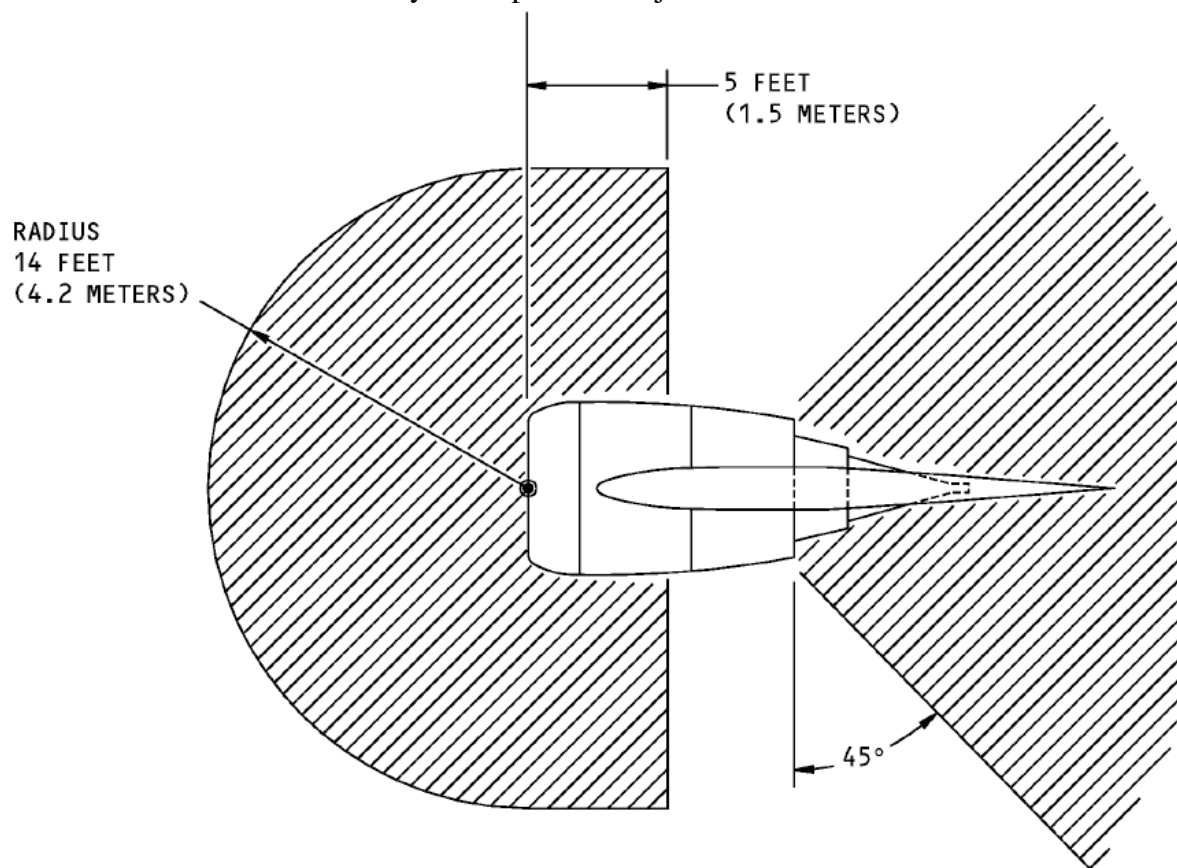
Nebezpečná zóna je zobrazena vždy jen pro levý motor, nebezpečná zóna pro pravý motor je totožná s nebezpečnou zónou pro levý motor. Pokud je prováděna motorová zkouška

současne na levém i pravém motoru, celková nebezpečná zóna je součet těchto dvou zón pro každý motor.



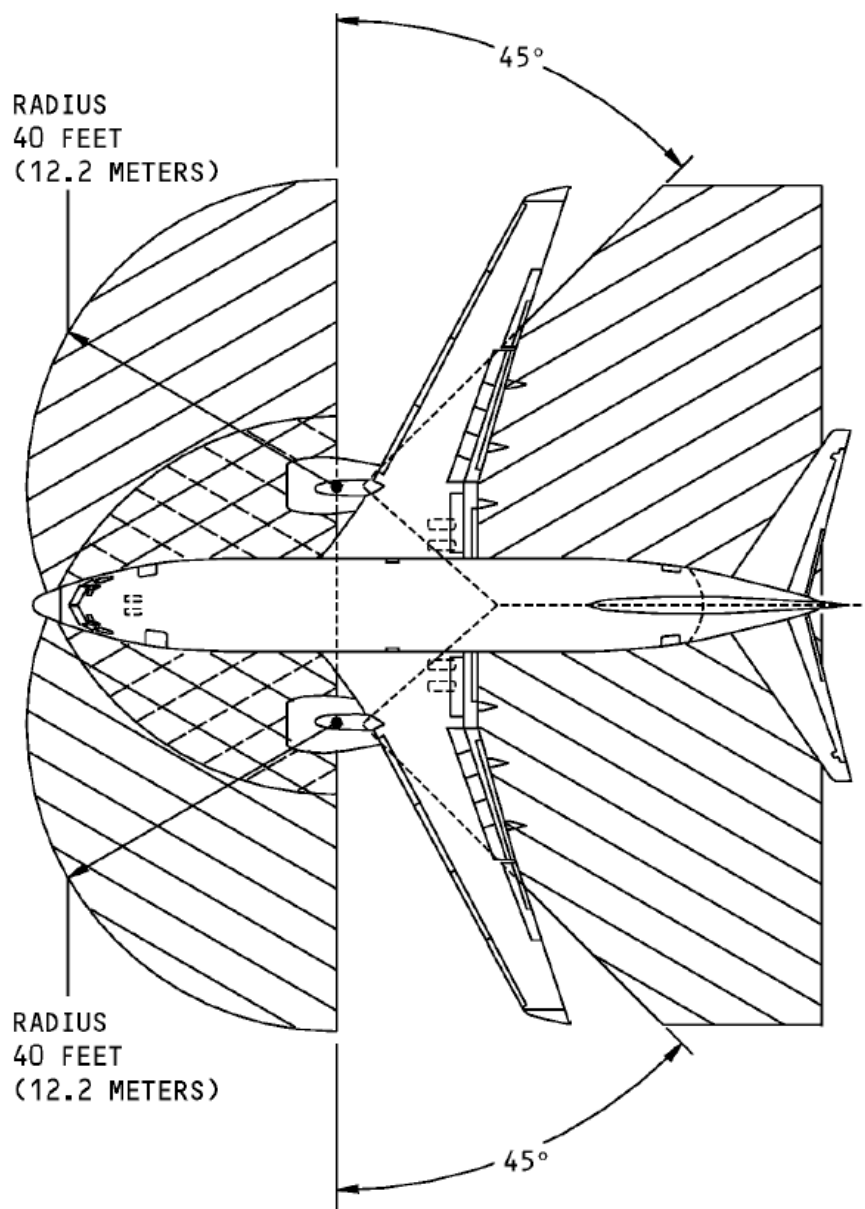
Obr. 3.6 - Hazard Area výstupních plynů pro vzletový režim [AMM B-737 NG]

hrana krytu vstupního ústrojí

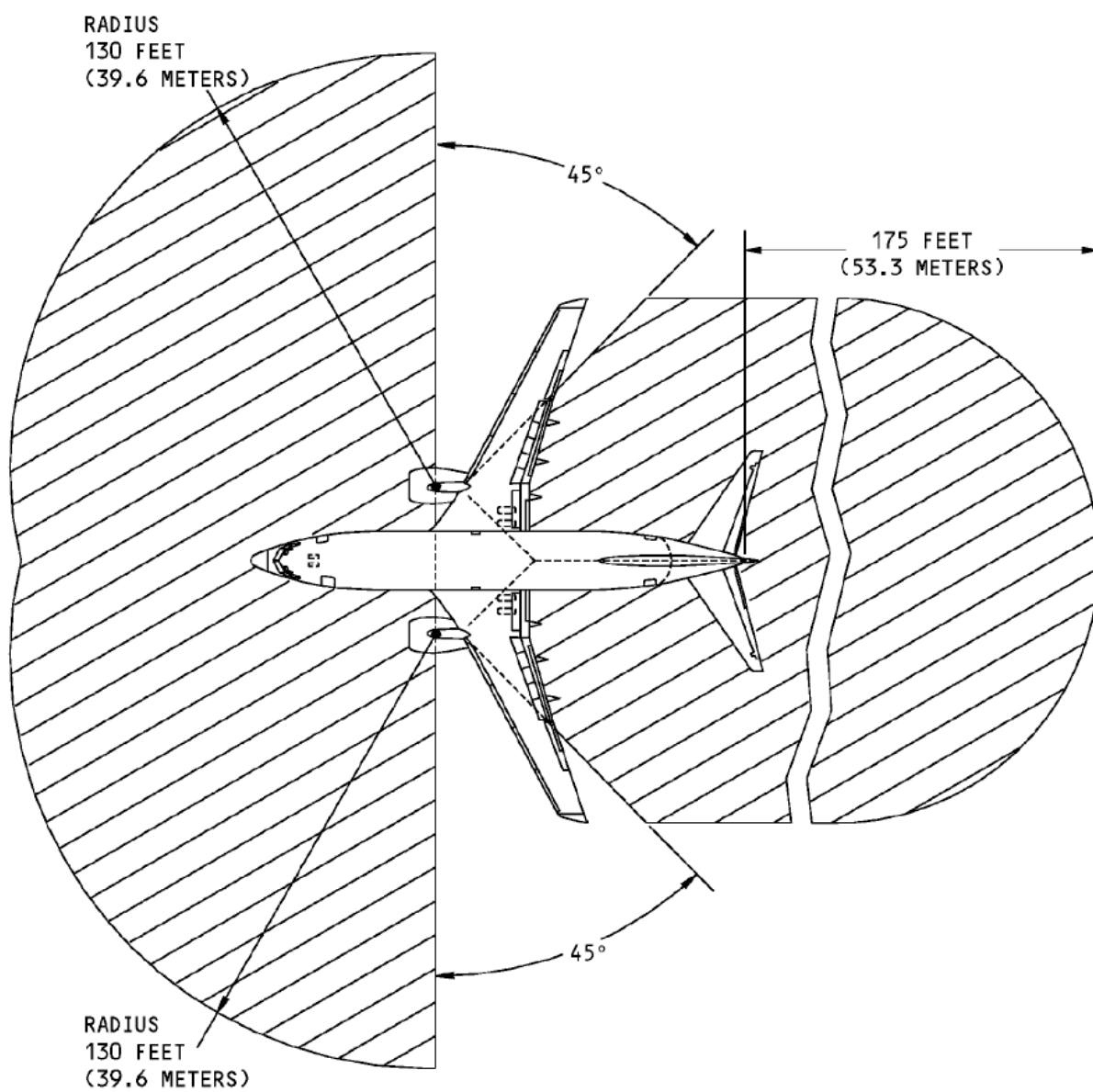


Obr. 3.7 - Hazard Area vstupních plynů pro vzletový režim [AMM B-737 NG]

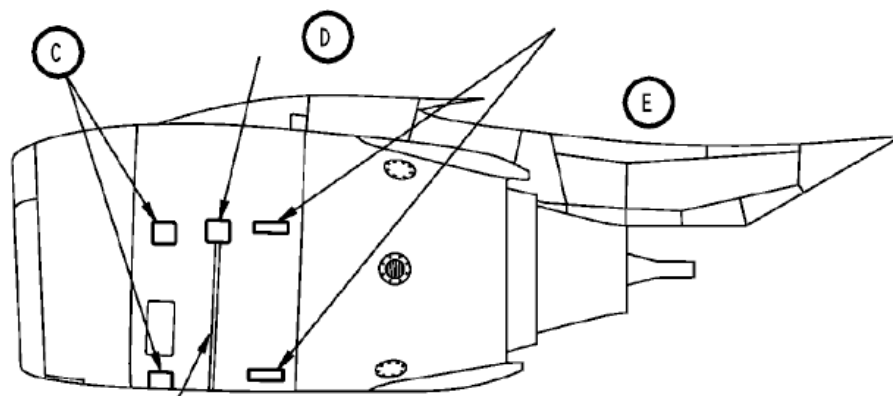
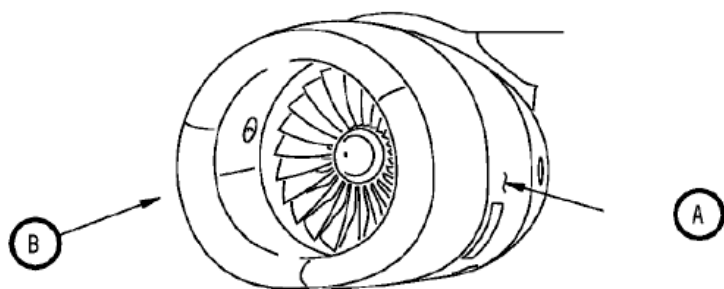




Obr. 3.8 - Hazard Area pro reverzový volnoběžný režim idle [AMM B-737 NG]



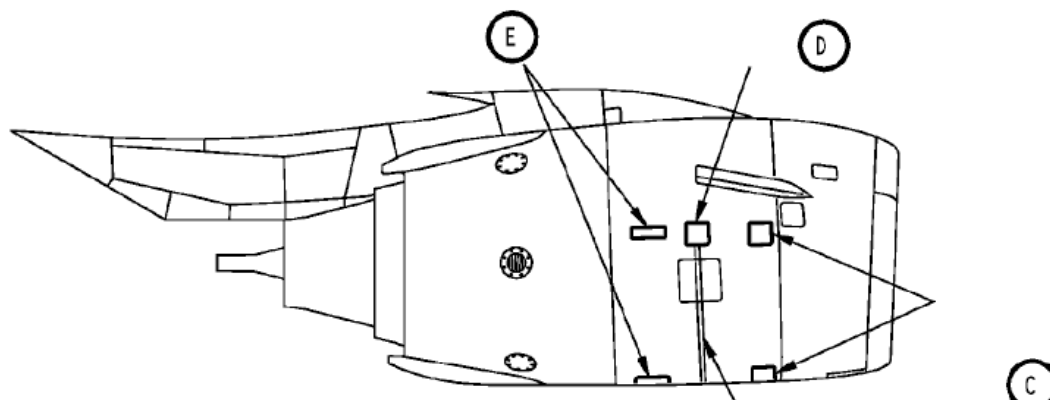
*Obr. 3.9 - Hazard Area pro reverzový režim Breakaway thrust [AMM B-737 NG]*



červený varovný pruh

pohled z levé strany motoru

A



červený varovný pruh

pohled z pravé strany motoru

B

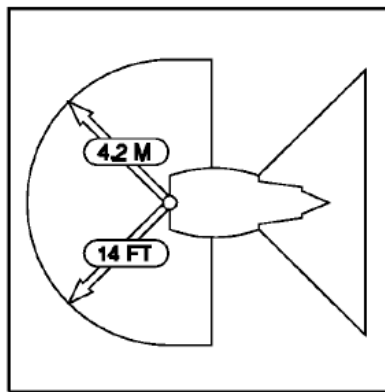
C

Obr. 3.10 - Umístění značek Hazard Area na motoru CFM-56 [AMM B-737 NG]



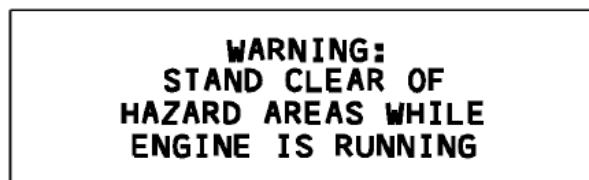
značky zakazující vstup

C



značky označující Hazard area zóny

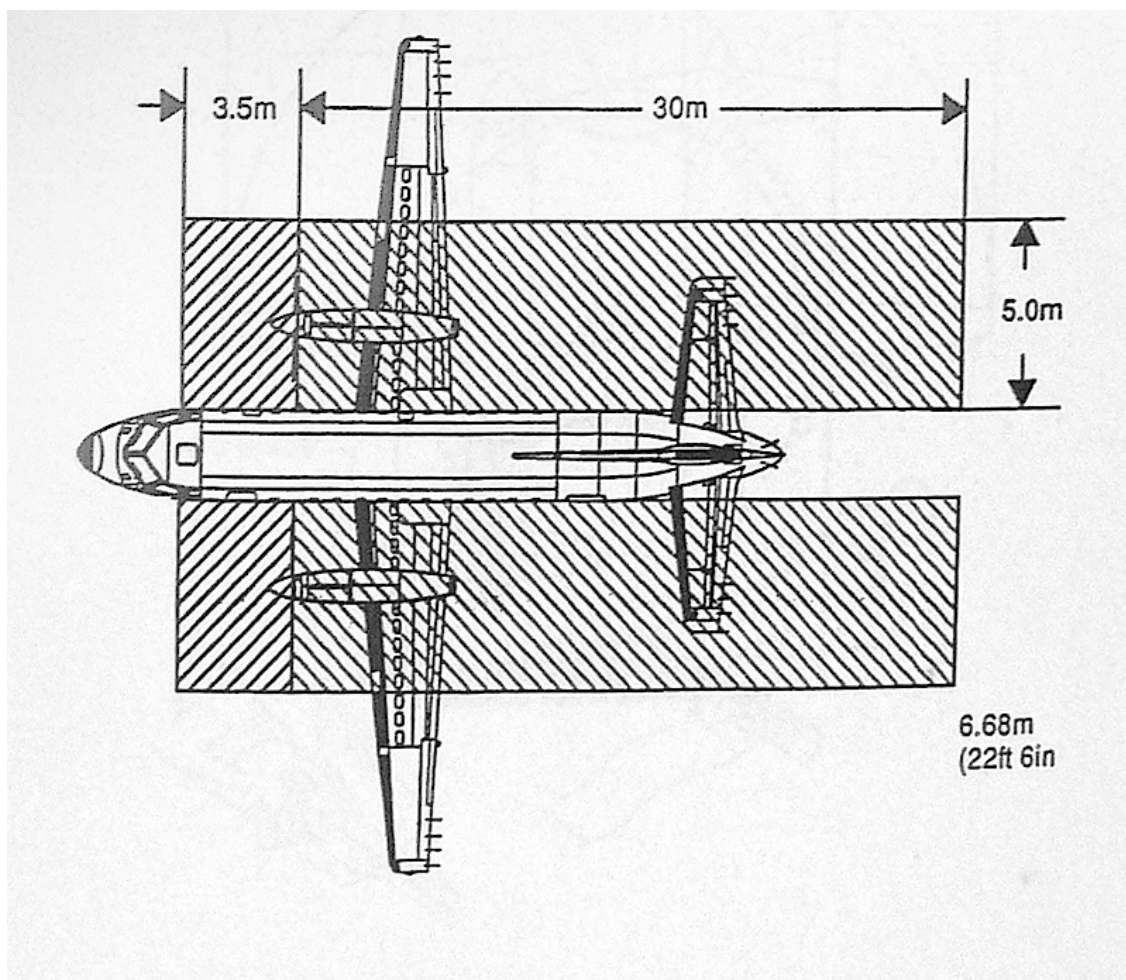
D



varovné značky

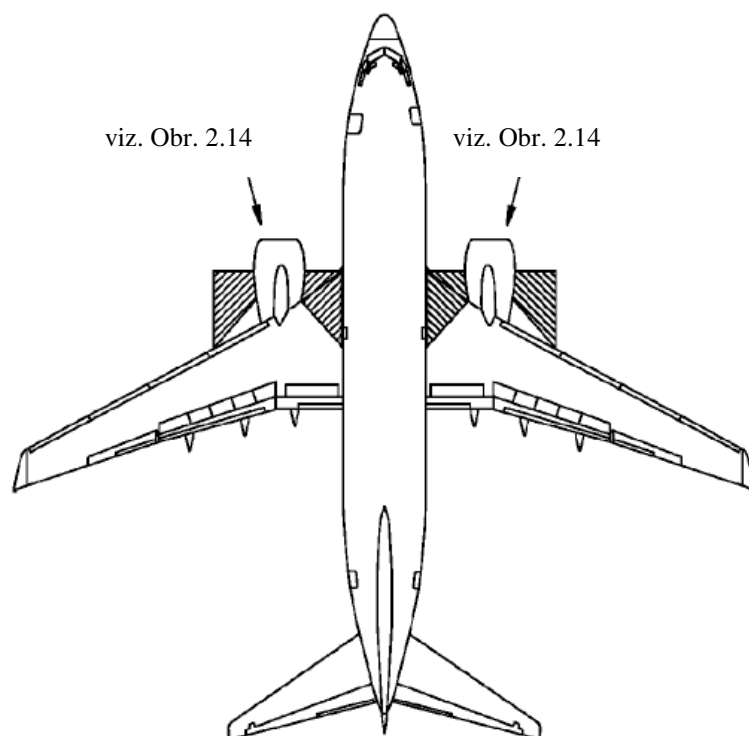
E

Obr. 3.11 - Typy značek označující Hazard Area, které jsou umístěné na motoru [AMM B-737 NG]



Obr. 3.12 - Zóny Hazard Area pro letoun Saab 340 [Job Air Type Training Manual]

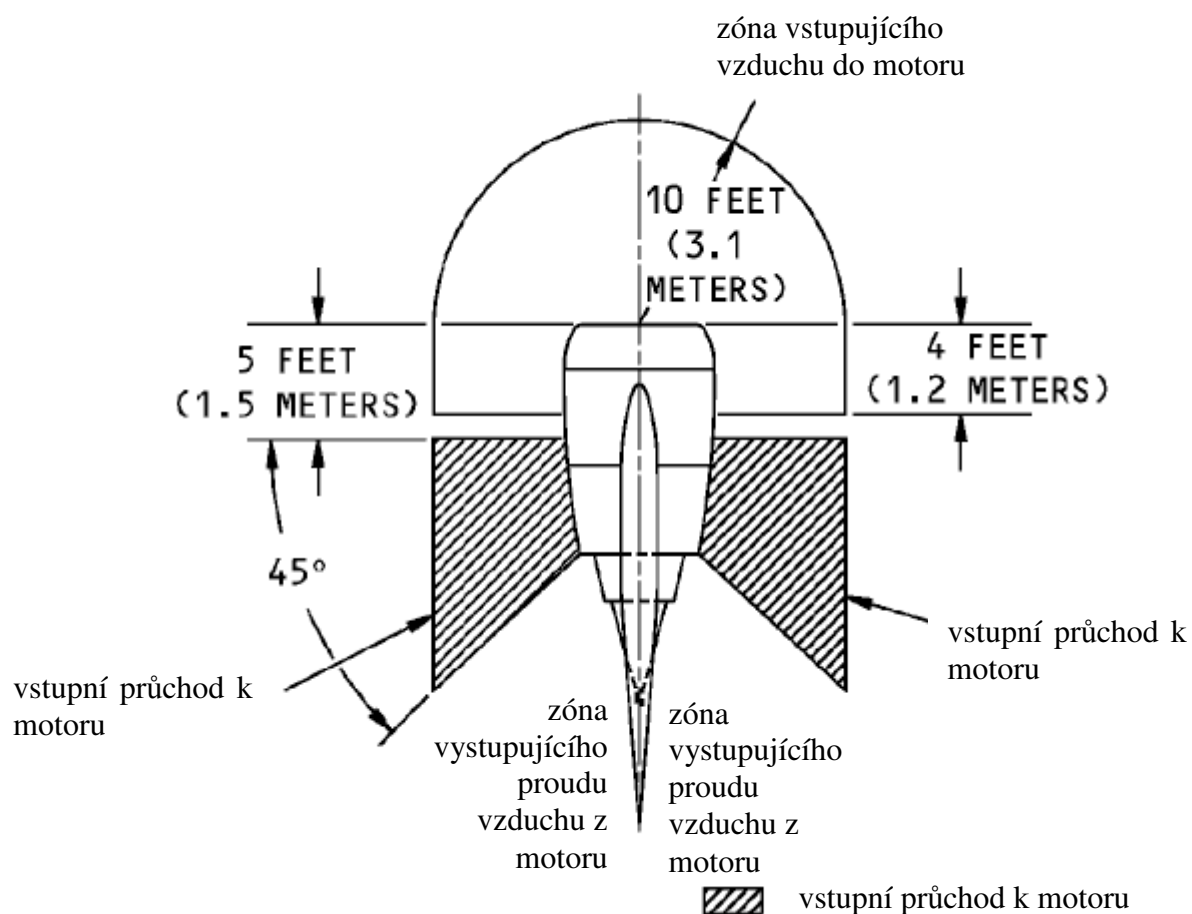
### 3.4 Zóna bezpečného prístupu k motoru pro údržbu za chodu



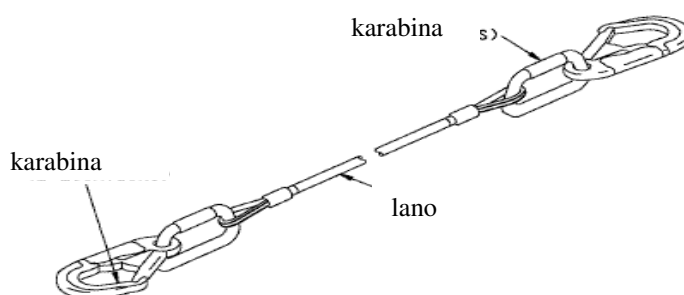
Obr. 3.13 - Zóna bezpečného prístupu k motoru k údržbě za chodu ve volnoběžném režimu idle [AMM B-737 NG]

Přístupové zóny k údržbě motoru za chodu mohou být použity jen za splnění těchto podmínek:

1. K motoru se nesmí přistupovat, pokud je v režimu jiném než v režimu idle. Zároveň se nesmí měnit výkon pohonné jednotky, pokud se u motoru nacházejí členové personálu.
2. Komunikace mezi pozemním personálem a personálem obsluhující výkon motoru v pilotní kabině je nezbytná.
3. Musí být brány v úvahu všechny Hazard Area zóny, když personál vstupuje k motoru.
4. Doporučuje se použití bezpečnostního lana k upevnění personálu a k předejití nasátí do motoru.
5. Pokud je vítr větší než 25 uzlů, musí být zvýšena hranice zóny přední části o 20%.

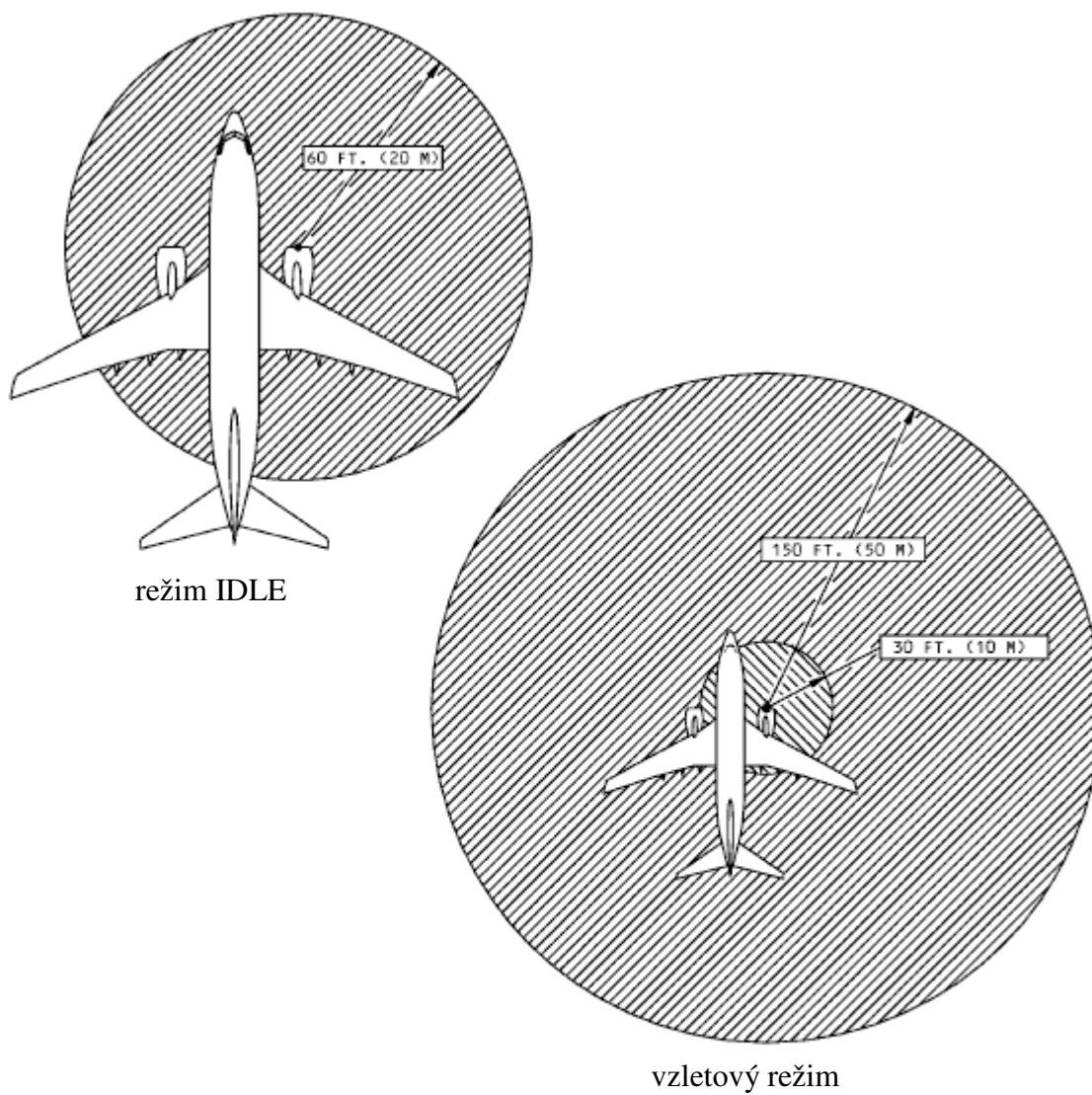


Obr. 3.14 - Zóna bezpečného přístupu k motoru k údržbě za chodu ve volnoběžném režimu idle [AMM B-737 NG]



Obr. 3.15 - Bezpečnostní lano [AMM B-737 NG]

### 3.5 Hluková hranice Hazard Area



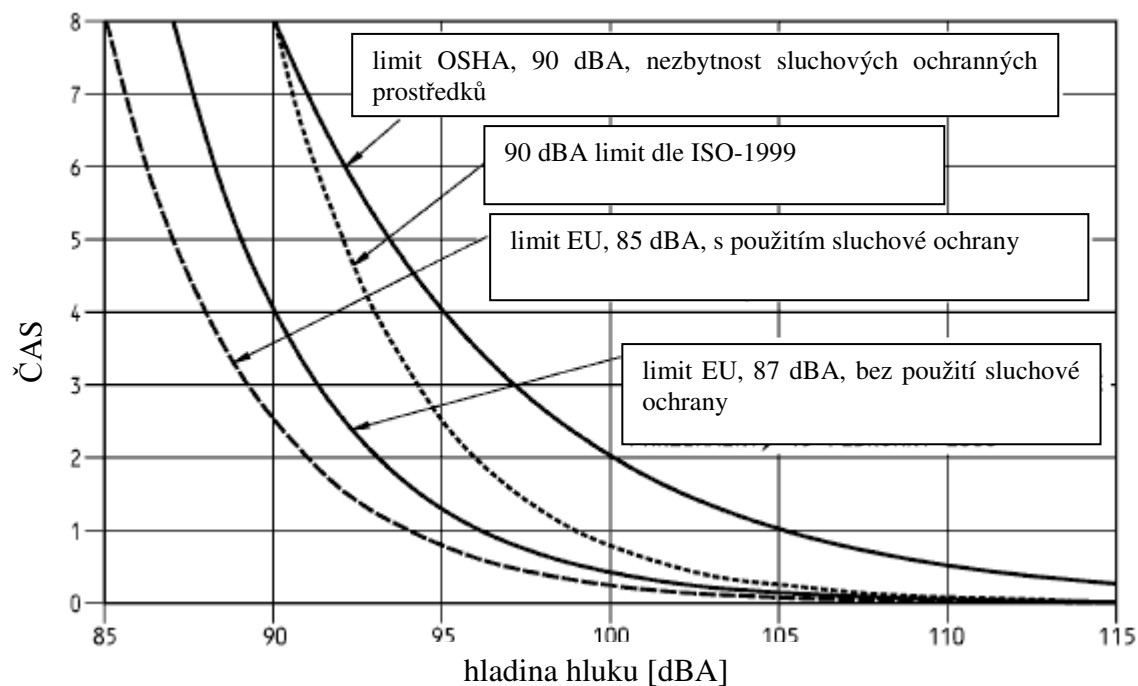
Varování: Protihluková ochrana je v této oblasti požadována



Varování: Personál nacházející se v této oblasti po dobu delší než šest minut může mít nežádoucí potíže i v případě, že použil protihlukovou ochranu.

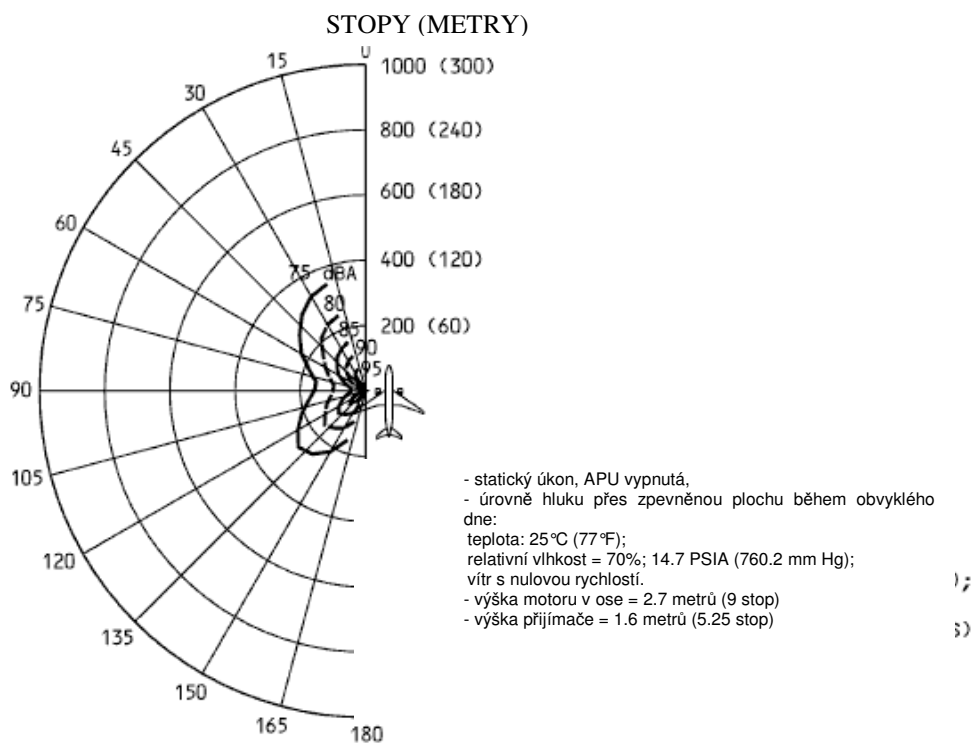
Obr. 3.16 - hluková hranice Hazard Area [AMM B-737 NG]





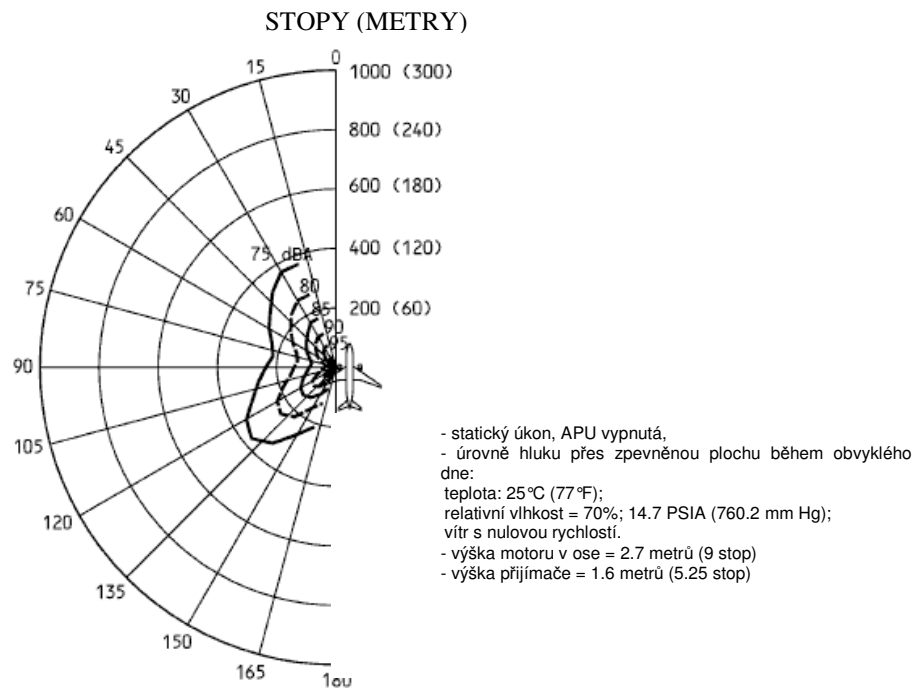
Obr. 3.17 - časové limity hluku [AMM B-737 NG]

jeden motor v provozu při:                      režim Idle  
(přídavek 3dBA pro dva motory)



Obr. 3.18 - hlukové vrstevnice motoru – režim idle [AMM B-737 NG]

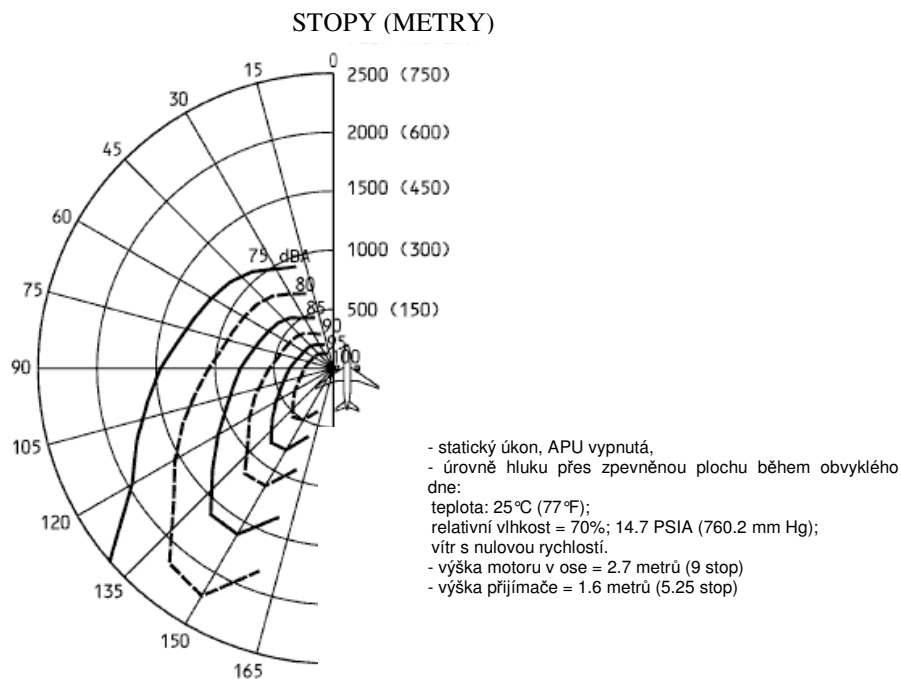
jeden motor v provozu při: Zpětný tah  
(přídavek 3dBA pro dva motory)



Obr. 3.19 - Hlukové vrstevnice motoru – reverzový režim Breakaway [AMM B-737 NG]

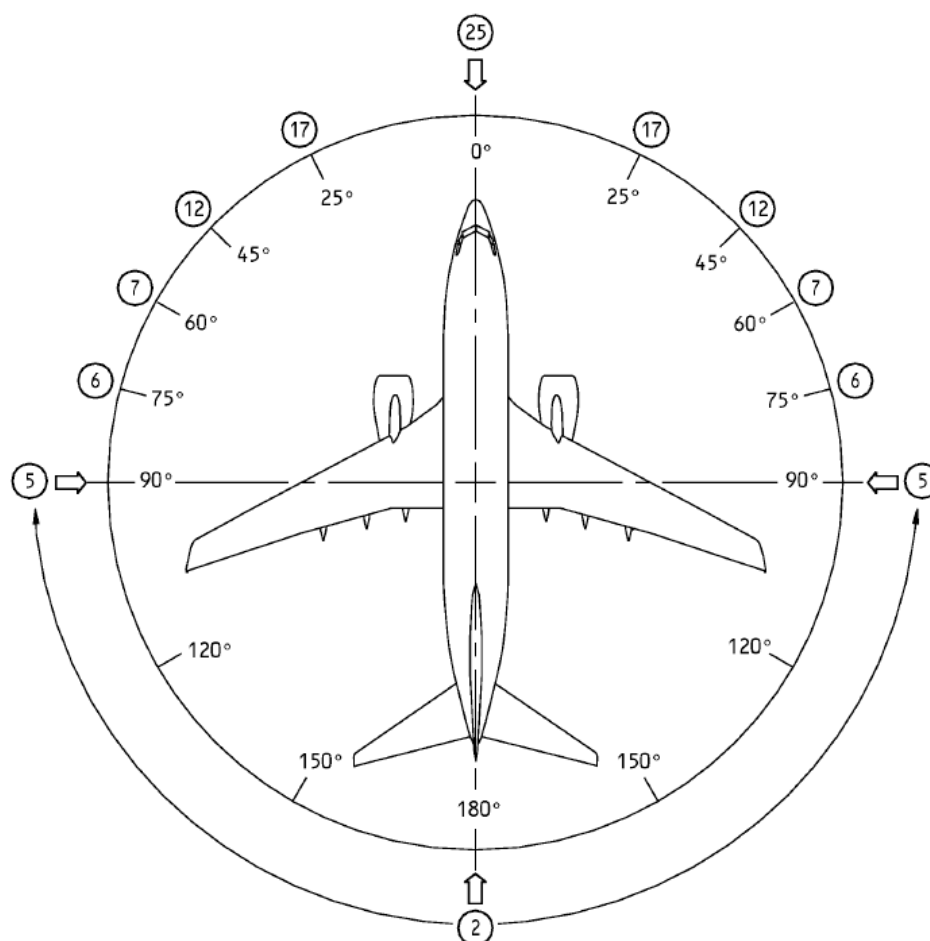
jeden motor v provozu při: Takeoff režim (vzletový režim)  
(přídavek 3dBA pro dva motory)

1)



Obr. 3.20 - Hlukové vrstevnice motoru – vzletový režim [AMM B-737 NG]

### 3.6 Doporučená rychlost a směr větru pro provádění motorových zkoušek



#### LEGENDA:

⇒ Poměrná rychlost větru je 4 uzly nebo méně.

⑰ Preferovaná maximální rychlost větru v uzlech.

Příklad: 17 uzlů maximální rychlost větru při 25° relativně k ose letounu.

#### Varování:

Pokud byly při motorových zkouškách zaznamenány neobvyklé hodnoty, zkontrolujte parametry N1, N2 a EGT.

Přehřátí motoru může způsobit a zapříčinit poruchu motoru.

Obr. 3.21 - Preferované relativní směry a rychlosti větru během motorových zkoušek [AMM B-737 NG]

### 3.7 Postupy pro přípravu motoru k provozu

Tato úloha se sestává ze dvou podkategorií, které mají za úkol ulehčit přípravu motoru k provozu. Tyto kapitoly tvoří:

- příprava motoru k provozu,
- příprava motoru k provozu před spuštěním v chladném počasí.

Provoz motoru s vysokým výkonem může být nezbytný pro údržbu.

- Jeden motor může být obsluhován ve vysokém výkonu až do jeho výkonového omezení a druhý motor může být obsluhován na vzletovém režimu takeoff (pokud je potřeba, je možné obsluhovat první a druhý motor ve vzletovém režimu takeoff, avšak tento způsob není za běžných okolností doporučován), nebo
- jeden motor může být obsluhován i když je druhý motor zastaven.

I v případě, že je letoun zabrzděn a předový podvozek i hlavní podvozek je opatřen klíny, při vysokých výkonech může dojít k nežádoucímu posunu letadla. Může dojít k přeskočení letounu přes klíny a letoun se může stále pohybovat ve skluzu až do doby, dokud není snížen výkon motorů pod určitou hodnotu.

Skluzem se rozumí pohyb letounu do strany nebo dopředu po zemi se zabrzděnými koly (neotáčí se). Tento pohyb nemůže být řízen.

Použití klínů je při motorové zkoušce doporučené, avšak to není podmínkou. Nutnost použití klínů je jen v případě, pokud to uvádí příslušný manuál.

Letoun je také možné při provádění motorové zkoušky upevnit pomocí lan. Ukotvení se ve velké většině případů provádí mezi podvozkovou nohou letounu a určeným místem v zemi, kde bývá již přichystaná skoba. Toto ukotvení taktéž není nutné, je to jen doporučení a stejně jako u klínů je podmínka použití jen tehdy, pokud je to vyžadováno v manuálu daného typu letounu.

Pokud je motorová zkouška prováděna za chladného počasí, je nezbytné provést speciální úkony a procedury před startem motoru i po jeho zastavení a ukončení zkoušek.

Je velice důležité před startem motoru odstranit veškeré drobné předměty, které by mohly být nasáty do vstupního ústrojí.

### 3.8 Příprava motoru ke startu

Pokud je první motor nastaven do režimu takeoff (T/O), je nutné provést tyto kroky:

- Najděte těžiště letounu: výpočty těžiště (CG) závisí na rozmístění nákladu nebo zátěži či paliva v letounu. Pro správné vypočtení těžiště se musí začít s prázdnou hmotností, přidají se hmotnosti a těžiště každého nákladu a změní celkové hmotnosti a těžiště v hodnotách %MAC.

Metoda výpočtu a postup výpočtu těžiště v hodnotách %MAC je přesně popsána v Manuálu hmotnosti a vyvážení (WBM).

- Zaznamenejte minimální prázdnou hmotnost, limity N1 pro druhý motor (pokud je použit) a CG limity (pokud jsou dány),
- ujistěte se, že prázdná hmotnost letounu je větší, než minimální prázdná hmotnost,
- ujistěte se, že těžiště letounu je v povolené hodnotě,
- tabulka s hodnotami pro Minimální prázdnou hmotnost pro vysoký výkon motoru je znázorněna v manuálu údržby.

Ujistěte se, že veškeré plochy kolem letounu jsou prázdné (rampy, pojezdová dráha, přistávací dráha a ostatní plochy musí být zbaveny všech předmětů, které by mohly být nasáty a které by mohly způsobit poškození motoru nebo personálu).

Zajistěte, aby letoun měl zabrzděné parkovací brzdy a stál na ploše, která je čistá. Nesmí se v okolí letounu nacházet jakékoliv zbytky oleje, mazivo, štěrk a další předměty.

Demontujte vstupní a výstupní kryty, pokud jsou instalovány.

Ujistěte se, zda se v hlavní nádrži 1 a hlavní nádrži 2 nachází dostatek paliva pro ochlazení hydraulického systému v tepelných výměnících.

Umístěte letoun do polohy, ve které bude nejméně ovlivňován bočním větrem, který ústí do vstupního ústrojí motoru. Preferované pozice (natočení) letounu při určitém směru a rychlosti větru během zkoušky s nízkým výkonem motoru jsou znázorněny na Obr. 3.21.

Zajistěte, aby umístění příďového podvozku bylo v ose letounu.

Nainstalujte pojišťovací závlačky na určené místo v podvozkové noze.

Dále musejí být umístěny klíny před a za každé kolo u příďového podvozku i hlavních podvozků. Musí být zajištěna mezera mezi klínem a příďovým kolem  $6 \div 12$  palců ( $152 \div 305$  mm), klíny v zadní části u hlavního podvozku musí být v těsné blízkosti pneumatiky, avšak se jí nesmějí dotýkat.

Letoun Saab 340 může být opatřen klíny buď plechovými, nebo gumovými. V případě plechových klínů je zapotřebí usadit klíny do drážek v betonové ploše. Pokud jsou použity klíny gumové, pak není drážek potřeba.

Personál se dále musí ujistit, zda se na ploše před a okolo letounu nenacházejí volné předměty a části materiálů, které by mohly být nasáty do motoru. Tyto části mohou být například:

- součástky, dráty, kabely a bezpečnostní lana,
- nástroje a nářadí,
- hadry,
- komunikační kabely a nástroje.

Musí být provedena vizuální kontrola, zda se na krytu vstupního ústrojí, lopatkách a kuželu fanu, senzoru T12 a na povrchu vnějších krytů nenacházejí části nebo zbytky ledu či námrazy, reverzový kryt musí být uzavřen. Pokud dojde k nálezům námrazy nebo ledu na těchto částech, tento led či námraza musí být odstraněna horkým vzduchem.

Dále je nutné provést vizuální kontrolu výfukového ústrojí a trysky primárního proudu a odstranit případný nežádoucí materiál či předměty.

Kontrola množství oleje se provádí z kabiny pilotů, v případě, že je množství oleje nízké, je potřeba olej doplnit. Minimální množství, které je potřebné pro motorovou zkoušku, je 60% plus množství oleje, které je použito k chodu.

Před započítáním samotné zkoušky je potřeba zkontrolovat nastavení ovládacích pák v pilotní kabině:

- Páka pro dopředný tah musí být nastavena na režim idle thrust,
- páka pro zpětný tah musí být v uzavřené poloze,
- startovací páky musí být v poloze CUTOFF,

- na stropním panelu musí být startovací přepínače v poloze OFF,
- letouny s automatickým zapalováním musí mít vypínač AUTO v poloze OFF.

Veškeré jističe na těchto panelech musí být zapnuté, jen jističe s označením „DO-NOT-CLOSE“ nesmějí být zapnuté (Panel P6, Panel P18).

Parkovací brzda musí být zapnuta v pozici ON, v případě, že je zapnuta, je to označeno červeným světlem s nápisem ON.

Opět je nutné zkontrolovat, zda se na ploše před a kolem letounu nenachází osoby nebo volně ležící předměty, které by mohly být nasáty do motoru. Obzvláště je nutné zkontrolovat nebezpečné zóny (Hazard area). V případě nasátí může dojít k poškození letounu nebo dokonce i újmě na zdraví. Další kroky kontroly vnější teploty pomocí CDU jsou popsány v AMM a je nutné se jimi řídit.

Klapky musí být při motorové zkoušce zasunuty. Pokud jsou vysunuty po dlouhou dobu motorové zkoušky během vysokých výkonů, mohou být poškozeny proudem vzduchu.

Pro provádění motorových zkoušek za velmi nízkých teplot je nutné se řídit dle instrukcí, které jsou popsány v AMM příslušného letounu.

Při nedodržení kteréhokoli z uvedených bezpečnostních kritérií může dojít k poškození letounu, ať už motoru nebo jeho potahu. Také může dojít k poškození techniky, náradí nebo různých strojů nacházejících se v okolí. V nejhorším případě může také dojít k újmě na zdraví personálu nebo dokonce i ke smrti.

Všechny uvedené možnosti již byly v minulosti zaznamenány, proto je nezbytné dbát na bezpečnost při provozu a údržbě letecké techniky.

Pro názornost je dále uvedeno několik příkladů nedodržení bezpečnostních kritérií s následky.



*Obr. 3.22- Nasátí kontejneru do vstupního ústrojí motoru při motorové zkoušce. Tento kontejner se nacházel v malé vzdálenosti od motoru a nebyl pevně ukotven [www.damets70.org]*



*Obr. 3.23 - Poškození potahu směrové stabilizační plochy (vlevo) a výškové stabilizační plochy s výškovým kormidlem (vpravo) dopravního letounu. Poškození bylo způsobeno nedodržením bezpečnostních kritérií čistoty plochy v okolí motoru. Zřejmě nebyly odstraněny volné předměty (např. kameny, štěrk), které byly po zvýšení výkonu motoru následně přisáty do výstupního proudu vzduchu a vymrštěny velkou rychlostí [www.flightglobal.com]*

Následující příklad ukazuje obrovské pochybení personálu při provádění motorové zkoušky a následné zničení celé přední části zcela nového letounu Airbus 340/600 na letišti Toulouse ve Francii. Personál měl za úkol provést pozemní zkoušku motorů před doručení stroje pro aerolinky Ethiad Airways Abu Dhabi. Posádka pojížděla do oblasti pro



provádění motorových zkoušek, kde zabrzdili brzdy a zvýšili výkon na vzletový režim. Palubní počítač si myslel, že se pilot pokouší vzlétnout, proto systém EGPWS začal hlásit špatnou konfiguraci klapek a slotů. Poté se jeden člen posádky rozhodl odpojit tento systém, čím oklamal palubní počítač, který si myslel, že letoun je již ve vzduchu. Počítač automaticky odpojil brzdy, a jelikož byl letoun prázdný, prudce se rozjel dopředu, kde najel na val a tam se rozlomil. Vše bylo způsobeno tím, že si posádka neprošla manuál před zahájením samotné zkoušky.



*Obr. 3.24 - Nehoda letounu Airbus 340-600 po nedodržení bezpečnostních kritérií v Toulouse, Francie  
[[www.flightglobal.com](http://www.flightglobal.com)]*



*Obr. 3.25 - Nehoda letounu Airbus 340-600 po nedodržení bezpečnostních kritérií v Toulouse, Francie  
[[www.zdistrict.com](http://www.zdistrict.com)]*



*Obr. 3.26 - Nehoda letounu Airbus 340-600 po nedodržení bezpečnostních kritérií v Toulouse, Francie  
[[www.zdistrict.com](http://www.zdistrict.com)]*

## 4 Popis dosavadního řešení motorových zkoušek

Každá organizace pro údržbu letadel musí mít podle předpisu Part 145 k dispozici vyhrazené stanoviště k provádění motorových zkoušek. Toto stanoviště by mělo mít svůj vlastní prostor a mělo by být určeno převážně k jeho primárnímu účelu – v našem případě se jedná právě o provádění motorových zkoušek. Tento prostor by měl zajistit, aby nedocházelo k ohrožování okolních staveb či dalších letounů a zároveň bylo bezpečné. Stanoviště k provádění motorových zkoušek může být také rozděleno na více částí a dělit se může podle druhu prováděné zkoušky. V současné době je stanoviště pro provádění motorových zkoušek firmy Job Air Technic, a.s. uskutečňováno na území letiště Leoše Janáčka LKMT a je využívána jeho plocha. Stanoviště jsou rozdělena na:

- stanoviště k provádění malých motorových zkoušek (režim idle),
- stanoviště k provádění motorových zkoušek pro velké výkony (vzletový režim, režim zpětného tahu).

Pro malé motorové zkoušky, u kterých se výkon motoru pohybuje maximálně v rozmezí od spuštění motoru po režim idle, je vyhrazen prostor k provádění na stojánce před hangárem, takže nedochází k narušení „červené zóny“ letiště. Tyto malé motorové zkoušky se provádějí po malé opravě či údržbě, například výměna filtru apod.

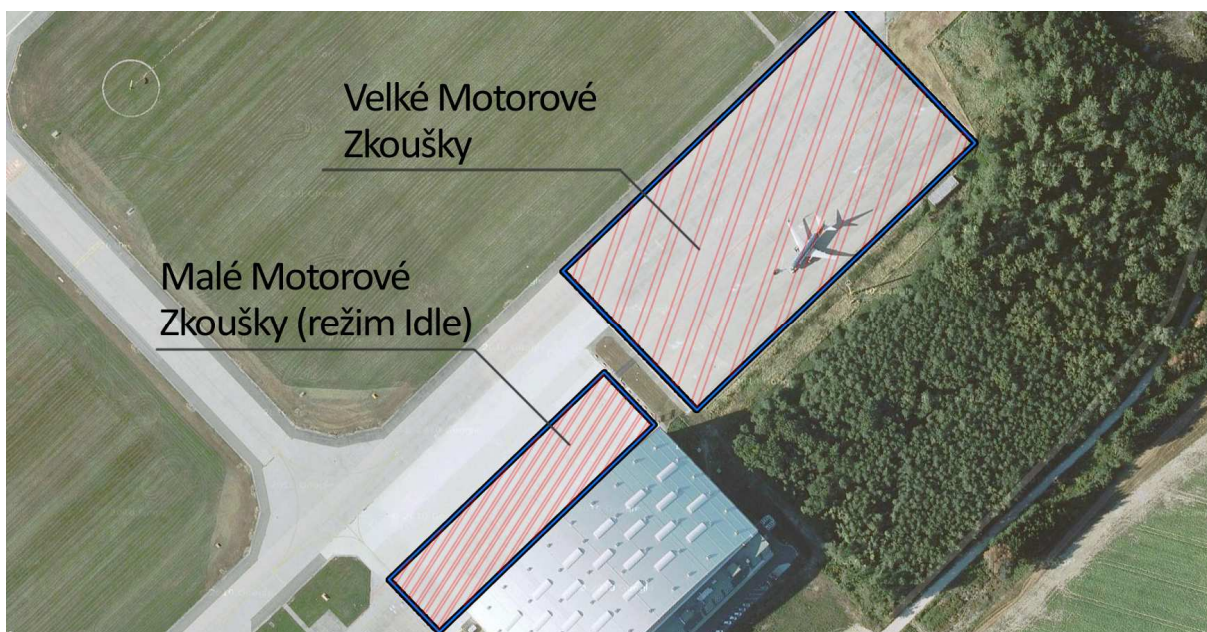
Velké motorové zkoušky mají k provádění vyhrazen prostor na pojezdové dráze Foxtrot, která je spojkou pojezdových drah Alfa a Bravo, viz Obr. 4.1. V případě, že je nutno provést velkou motorovou zkoušku na pojezdové ploše Foxtrot vedle hangáru, je nezbytné po domluvě s řídicí věží z bezpečnostních důvodů uzavřít celou pojezdovou plochu v okolí.

Při provádění motorové zkoušky je nutné dbát na:

- směr větru a jeho rychlost, která může způsobit problémy se stabilitou výkonu motoru,
- letoun musí být při provádění motorové zkoušky postaven proti směru větru,
- doporučená rychlost větru, jeho směr, limity a další bezpečnostní kritéria pro provádění motorových zkoušek jsou uvedeny v kapitole Hlavní bezpečnostní kritéria pro provádění motorových zkoušek,

- před zahájením motorové zkoušky je nezbytné provést všechny úkony popsané v příslušném AMM k danému typu letounu.

Pro zahájení motorové zkoušky jakéhokoli typu je nutno obeznámit řídicí věž a vyžádat si povolení k provedení motorové zkoušky. Jestliže je zapotřebí provést motorovou zkoušku na vysoký režim, pak je nutno dodržet noční klid, který je dán provozním řádem letiště Leoše Janáčka. V současné době je noční klid od 22 hodin do 06 hodin, v jiném čase vždy po konzultaci s řídicí věží.



*Obr. 4.1 - Dosavadní řešení motorových zkoušek [www.google.com, grafický editor]*

Současné řešení je nejlepším možným řešením, avšak ve velké míře omezuje okolní provoz.

V následující kapitole bude řešen návrh nového či modifikovaného stanoviště k provádění motorových zkoušek, aby došlo k zlepšení funkčnosti a účinnosti stávajícího stanoviště, především ve směru minimálního omezování okolního provozu letadel a v neposlední řadě pro změnu směru vystupujícího proudu z motoru při vyšších režimech, aby nedocházelo k ohrožování personálu i jiných předmětů nacházející se za letounem.

## 5 Návrh stanoviště k provádění motorových zkoušek

Tato kapitola se zabývá návrhem stanoviště k provádění motorových zkoušek pro letouny Boeing 737 série 300/400/500, Boeing 737 série 600/700/800, SAAB 340 a Airbus 319/320/321.

### 5.1 Použití valů

Val, ang. Jet Blast Deflector, je speciální konstrukce, která má v řezu většinou trojúhelníkový tvar. Staví se především na letištích pro ochranu budov, aut, lidí či okolních letadel před proudem výstupního proudu vzduchu, které vznikají buď při motorové zkoušce, pojíždění po pojezdové ploše nebo při startu letadla. Aby nedošlo k ohrožení ostatních účastníků provozu, musí být zavedena ochrana. Valů existuje mnoho variant a typů, od jednoduché konstrukce až po celý hangár, do kterého se letoun zasune. Princip funkce je založen na změně směru proudu výstupního proudu vzduchu z motorů při zvýšeném výkonu a vzhledem ke skutečnosti, že např. Boeing 737 má při vzletovém režimu nebezpečnou zónu za motory až 593 metrů, je zapotřebí určité ochrany okolí. Vzhledem k vysoké rychlosti proudění výstupního proudu vzduchu je nutná vysoká pevnost a tuhost celé konstrukce a zároveň i odolnost proti vysokým teplotám. Materiál používaný k výstavbě valů je především beton pro uchycení v zemi, konstrukce je z různých kovů a laminát, který slouží nejčastěji k výstavbě plotů.

Jednotlivých typů valů se používá velké množství druhů, jsou to například valy betonové, které se dříve používaly především na vojenských letištích, na nichž se provozovaly stíhací letouny, taktéž se používaly betonové valy na rampách pro zkoušení motorů s raketovým pohonem, jako byla například rampa pro test motoru Apolla 7. V armádních sférách se valy používají velice hojně, příklad velmi důležitého a častého použití je na letadlových lodích, kde val slouží jako ochrana před ohrožením okolních letounů výstupním proudem vzduchu z motorů.





*Obr. 5.1 - Použití valů na letadlové lodi [en.wikipedia.org]*

Použití valů je nezbytné i v civilním letectví, proto se jejich výstavba začala postupně rozšiřovat. V současné době dokonce existují i firmy, které se specializují jen na výstavbu valů.

Valy se na letištích začaly objevovat již v 50. letech, postupně se rozšiřovaly na ostatní letiště a v současné době touto ochranou disponuje téměř každé větší letiště. V počátcích se výška valu pohybovala okolo 1,8 až 2,4 metru, postupně se ale požadavek na výšku valu zvyšoval až na 11 metrů objevující se na některých současných letištích. Tato výška byla nutná především pro letouny, které měly motory umístěny v zadní části trupu a nad trupem, jako byl například McDonnell Douglas DC-10 a MD-11. Valy jsou v hojné míře rovněž umístěny na začátku vzletové a přistávací dráhy, především v případě, že se před dráhou nachází komunikace nebo je zde jiný provoz. V případě letišť nacházejících se ve městech jsou často opatřeny speciálním plotem, který též zabraňuje šíření proudu vzduchu z motoru.



*Obr. 5.2 - Použití valu ve spojení s pozemní protihlukovou stěnou k provádění motorových zkoušek*  
*[www.bdi.aero]*

Po provedení údržby je běžné provádět motorovou zkoušku na vzletový režim a jak je známo, při této zkoušce vzniká velké množství hluku. Toto může být problém především na letištích, která se nacházejí v městských nebo příměstských částech. Zde je zavedeno časové omezení, kdy se motorové zkoušky mohou provádět, ale jako další ochrana proti hluku slouží pozemní protihlukové stěny. Je to zábrana ze speciálního materiálu, který zabraňuje šíření hluku mimo tuto zábranu. Zároveň bývá tato stěna opatřena valem k odvádění výstupního proudu vzduchu a spalin.



Obr. 5.3 - Použití valu spolu s pozemní stěnou. V zadní části fotky lze vidět komunikace [www.bdi.aero]



Obr. 5.4 - Test funkčnosti valu prováděn na letounu Boeing 747-400. Pro názornost byla do výstupního proudu vstříkována voda [Blast Deflectors, Inc. Brochure]



### 5.1.1 Nejčastější typy valů

Nejjednodušší verze ochrany proti výstupnímu proudu vzduchu je použití speciálního plotu (Obr. 5.5), který se umísťuje nejčastěji vedle komunikace, která je v těsné blízkosti místa se zvýšeným nebezpečím. Taktéž se používá pro ochranu budov.



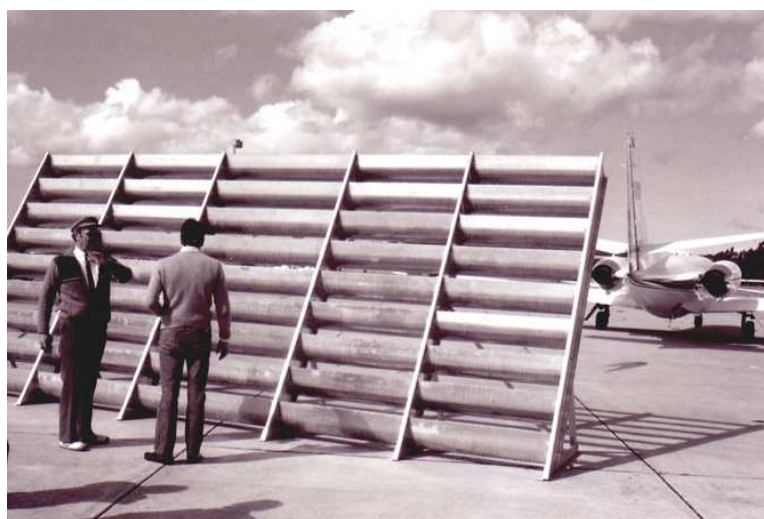
Obr. 5.5 - Plot sloužící jako ochrana pro chodce nebo projíždějící auta [Blast Deflectors, Inc. Brochure]

Dalším způsobem ochrany proti výstupnímu proudu vzduchu je použití jednoduché konstrukce, na kterou je připevněn ohnutý plech (Obr. 5.6). Tyto valy se používaly dříve, v současné době jsou valy zkonstruovány z vhodnějších materiálů. Na fotografii je vidět val, který byl instalován jako jeden z prvních valů v Evropě vůbec. Jedná se o letiště Frankfurt.



Obr. 5.6 - Jednoduchá konstrukce valu [www.bdi.aero]

Následující varianta zobrazuje speciální konstrukci, která nefunguje na principu jako většina valů, nýbrž při proudění vzduchu dochází k jeho zbrzdění o plochu kolmou k přiváděnému vzduchu a tento vzduch je následně vytlačován otvory malou rychlostí.



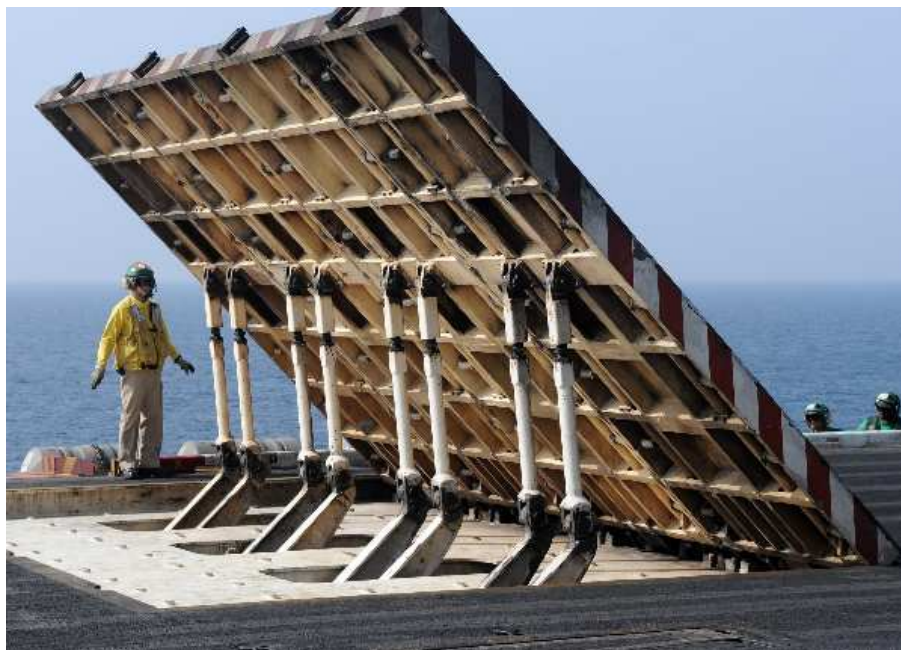
*Obr. 5.7 - Konstrukce valu s otvory [www.bdi.aero]*

Valy byly použity také pro zkoušení raketových motorů už v minulosti. Bylo tomu tak již u testování motoru pro kosmický modul Apollo 7 v roce 1968.



*Obr. 5.8 - Valy pro raketový motor [www.google.com]*

Varianta používaná především na letadlových lodích si našla své uplatnění i v civilním letectví. Jedná se o naklápěcí val. Je to plocha, která se vyklopí jen v případě potřeby a pokud jí není zrovna potřeba, je sklopená v rovině se zemí a funguje jako pojezdová plocha. Vyklápění je zajištěno pomocí hydraulického systému. Další vlastnost u hydraulicky ovládaných valů je chlazení plochy pomocí kapaliny.



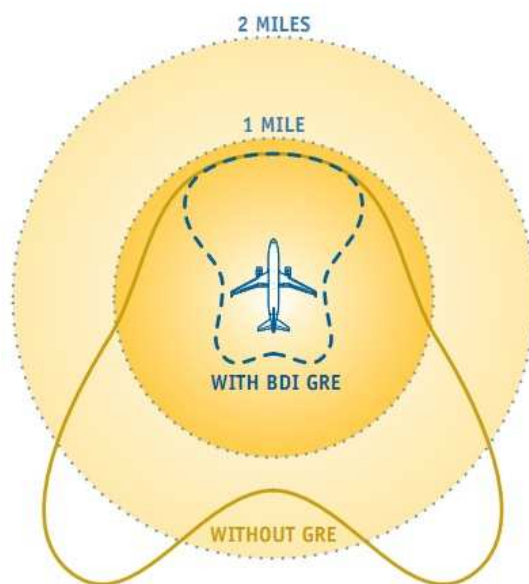
*Obr. 5.9 - Výklopný val [www.ootp.files.wordpress.com]*

Další varianta používaná především na velkých, frekventovaných letištích je kombinace samotného valu, který je většinou v pevné, nepřenastavitelné variantě a je sloučen s tzv. stěnou, která slouží především ke snížení úrovně hluku od motorů. Tyto valy dosahují výšky až 11 metrů. Použití stěny je výhodné především pro letiště nacházející se v blízkosti obytných zón nebo komunikací.



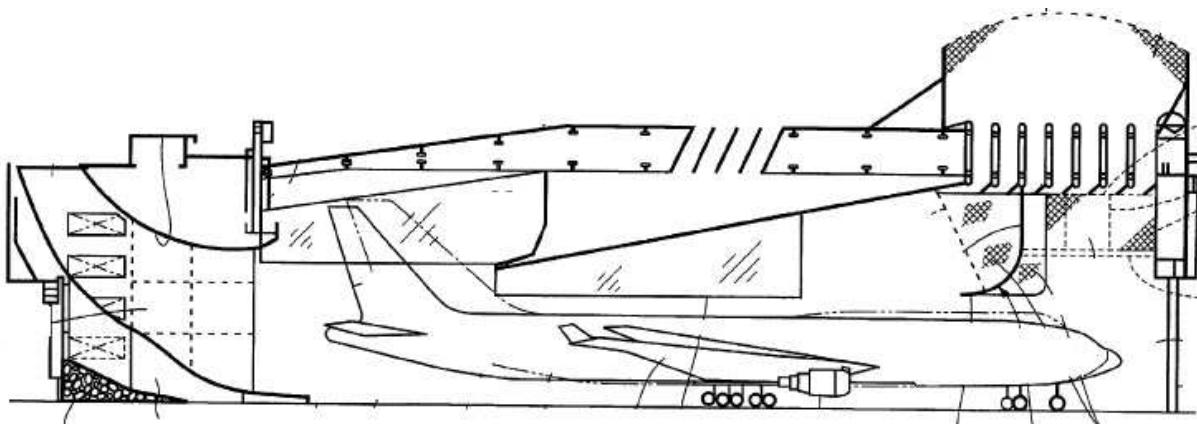
*Obr. 5.10 - Kombinace valu a protihlukové stěny [www.bdi.aero]*

Velkou a velice podstatnou výhodou použití protihlukové stěny je možnost provádět motorovou zkoušku téměř za jakéhokoli větru, jak jeho rychlosti, tak i směru. Je to díky výšce okrajů této stěny. Takže můžeme bez problémů provádět motorovou zkoušku na režim idle i s větrem, který fouká ve směru od zadní části letounu.

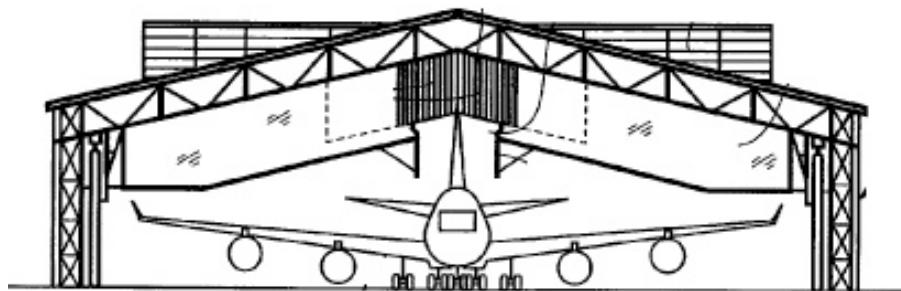


Obr. 5.11 - Vliv protihlukové stěny na šíření zvuku [www.bdi.aero]

Poněkud nezvyklou variantou je použití celého hangáru, který je přímo určen jen pro motorové zkoušky. Výhodou tohoto hangáru je fakt, že vzduch nasávaný do motorů nepřichází z prostoru přední části letounu, jenž je velmi rizikový pro nasátí cizích předmětů, avšak obrovská nevýhoda jsou jistě ekonomické záležitosti.



Obr. 5.12 - Hangár pro motorové zkoušky [Patent No. US 2002/0144473 A1]



Obr. 5.13 - Hangár pro motorové zkoušky [Patent No. US 2002/0144473 A1]



V současné době je nejrozšířenější použití valů s jednoduchou konstrukcí z pevných, žáruvzdorných a nerezových materiálů, které musí odolávat rychlosti proudění okolo 675 km/h a teplotě 400 °C. Výška valů se v současnosti používá od 90 cm do 11 m a povrchový materiál bývá vlnitého tvaru, aby byl odolnější vůči teplotě a vibracím. Tyto valy jsou uchycené napevno do betonu, takže se nedají natáčet podle toho, jaká je povětrnostní situace. Proto je zapotřebí umístit val do takové pozice, aby alespoň při většině motorových zkoušek letoun stál přídí proti směru větru.



*Obr. 5.14 - Pevně ukotvená konstrukce valů [www.bdi.aero]*



*Obr. 5.15 - Pevně ukotvená konstrukce valu [www.bdi.aero]*

Pro případ, že se letiště nachází například na území, kde jsou složitější povětrnostní podmínky a postavení valu s protihlukovou stěnou je ekonomicky nevýhodné, pak je možnost využít přemístitelného valu o nižší hmotnosti. Pokud dochází na stanovišti k časté změně směru vanutí větru, pak je tento val vhodný. Jedná se o jednoduchou, poloprůhlednou konstrukci, která se dá jednoduše přemístit pomocí vysokozdvizného vozíku. Tato konstrukce je vhodná především pro nižší režimy motoru a jako ochrana před výstupními proudy vzduchu z pojezdové dráhy.

Toto řešení je ideální, pokud je zapotřebí dočasně ochránit různé objekty, jako jsou například stavby, budovy, atd.



*Obr. 5.16 - Přenosný val [www.bdi.aero]*



*Obr. 5.17 - Přenosný val [www.bdi.aero]*

Následující varianta je výjimečná a byla vytvořena speciálně pro letiště Toulouse ve Francii kvůli problémům se směrem větru. Udává se, že vítr neustále mění svůj směr a rychlost, proto se rozhodlo o této kruhové variantě. Díky tomu je možno letoun libovolně natáčet dle potřeby.



*Obr. 5.18 - Kruhová varianta valu - Francie, Toulouse [www.apsgermany.de]*

## 5.2 Volba typu valu

Výběr vhodného typu valu se odvíjí od několika nutných a důležitých podmínek. Jednou z nejdůležitějších je například podmínka, pro jaký typ letounu je dané stanoviště navrhováno. V našem případě se jedná o letouny Boeing 737 verze 300/400/500, Boeing 737 verze 600/700/800, Airbus verze 319/320/321 a Saab 340. Jelikož návrh stanoviště k provádění motorových zkoušek musí být jednotný pro všechny uvedené typy letounů, a přestože SAAB 340 je letoun nižší kategorie, než první dva uvedené typy (tzn. má menší rozměry, menší počet převážených osob nebo nákladu, je poháněný turbovrtulovými motory s nižším tahem), musí se k volbě konstrukce valu posuzovat především nároky větších letounů Boeing a Airbus.

Při výběru vhodné konstrukce je doporučené postupovat dle několika kroků:

1. Pro jaký typ letounů bude daná konstrukce sloužit?
2. Předpokládá se v budoucnu možnost provádění motorových zkoušek na letounech jiného typu?
3. Jaké motorové operace budou prováděny na stanovišti s valem?
4. Bude na stanovišti letoun přitažen?
5. Před čím má val chránit? (budovy, silnice, okolní letouny, pojezdovou dráhu, atd.),
6. Jsou na stanovišti nějaké změny výšky podkladu?

7. V případě ochrany silnice je zapotřebí znát maximální výšku projíždějících vozidel,
8. Jsou v prostoru nějaká místa, nouzové přístupové body, hydranty, radary, atd.?
9. Je zapotřebí ochraňovat zadní část valu před okolními podmínkami?

Výše uvedené jsou nejdůležitější podmínky, dle kterých bývá proveden výběr vhodného opatření.

Do výběru vhodného typu a konstrukce je nutné také zahrnout ekonomické požadavky. Je nezbytné vždy navrhnout jen takovou konstrukci, která je opravdu nezbytná, nemělo by docházet k výstavbě velmi vysoké a široké konstrukce, když to okolnosti nebudou vyžadovat. Samozřejmě záleží na situování letiště a samotného stanoviště k provádění motorových zkoušek.

Výška valu pro dané typy letounu a pro vzletový režim nesmí být nižší než 5 metrů.

Dle meteorologických záznamů vane vítr na letišti Leoše Janáčka nejčastěji ze západu. Nejdůležitějším úkolem valu v případě letiště Leoše Janáčka je ochrana pojezdové plochy Foxtrot před výstupním proudem vzduchu.

V případě provádění motorové zkoušky na režimy vyšší než je režim idle se zkoušky provádějí po domluvě s věží na velké ploše vedle hangáru. Jelikož zde hrozí nebezpečí projíždějícím letounům, musí tato pojezdová plocha být uzavřena po celou dobu konání motorové zkoušky, co může v některých případech trvat i 50 minut.

### **5.3 Použití klínů a dalších způsobů ukotvení letounu**

Při provádění motorové zkoušky na vysoké výkony, jako je například vzletový režim, vzniká veliké nebezpečí nechtěnému pohybu letounu. Může se to stát i v případě, že je letoun zabrzděn parkovacími brzdami. V tomto případě dojde k prokluzování a letoun se tak začne pohybovat, i když se kola neotáčí. Jedná se o velmi nebezpečný jev, zvláště, když je letoun prázdný a nachází se v něm jen malé množství paliva. Je tedy velice lehký a pokud se dá do pohybu a posádka by to nezpozorovala nebo zpozorovala pozdě, může dojít k nehodě.

Pro předejití majetkovým škodám nebo v některých případech i k újmě na zdraví se používají upevňovací a další prostředky k zamezení pohybu letounu.

Jeden z nejpoužívanějších prostředků jsou klíny, které se používají kovové nebo gumové. Kovové klíny mají větší výhodu na travnatém povrchu, jelikož jsou opatřeny hroty,



které se uchyťí do zeminy a dále se při působení síly nehýbou ani nepodkluzují, jako se může stát na pevném, betonovém povrchu. K zabránění podkluzu kovových klínů se používají drážky vytvořené v betonovém povrchu, do kterých se klíny osadí. Nevýhodou při použití těchto drážek je nezbytnost ustavení letounu do přesné polohy, aby bylo možné tyto klíny použít efektivně. Pro případ, že nemáme k dispozici drážky, se používají klíny gumové. Mají lepší uplatnění na pevném, betonovém povrchu, avšak již nejsou vhodné pro travnatý povrch.

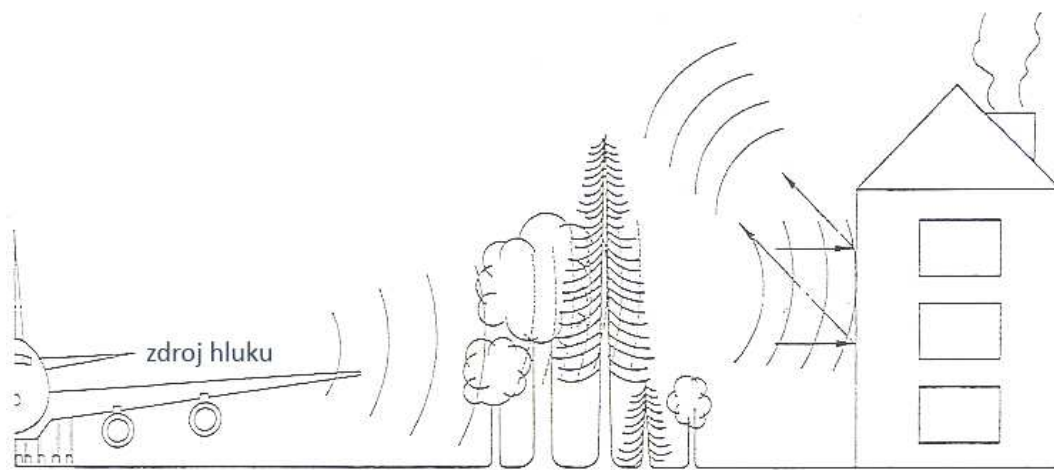
Poznámka: Použití klínů není vždy nutné u všech typů letounu, je nezbytné řídit se dle toho, co uvádí příslušný manuál ke každému typu letounu.

V případě zvyšování bezpečnosti na pracovišti při provádění motorových zkoušek může sloužit mimo klínů i upevňovací lano. Toto lano je z pevného materiálu, nejčastěji se jedná o ocelové lanko o daném průměru, které se uchyťí jedním koncem k hlavním podvozkům a druhým koncem k již přichystaným okům v betonovém povrchu. Další podmínkou při použití upevňovacích lan je fakt, že je potřeba letoun přesně navést na místo, kde se daná oka nacházejí. Velká výhoda použití upevňovacích lan je zabránění posuvu letounu, pokud jsou lana instalována správně.

Poznámka: Použití upevňovacích lan není podmínkou, je to jen doporučení výrobce letounu a jeho použití je popsáno v příslušném manuálu k danému typu letounu.

## 5.4 Vliv vegetace a budov na šíření zvuku

Budovy i vegetace, především stromy, mají pozitivní efekt na šíření hluku. Především stromy napomáhají k pohlcování hluku a snížení hodnoty při dalším prostupování od zdroje hluku. Podobný efekt mají budovy, avšak zde dochází k odrazu hluku ve směru zpět ke zdroji, jak je znázorněno na Obr. 5.19.

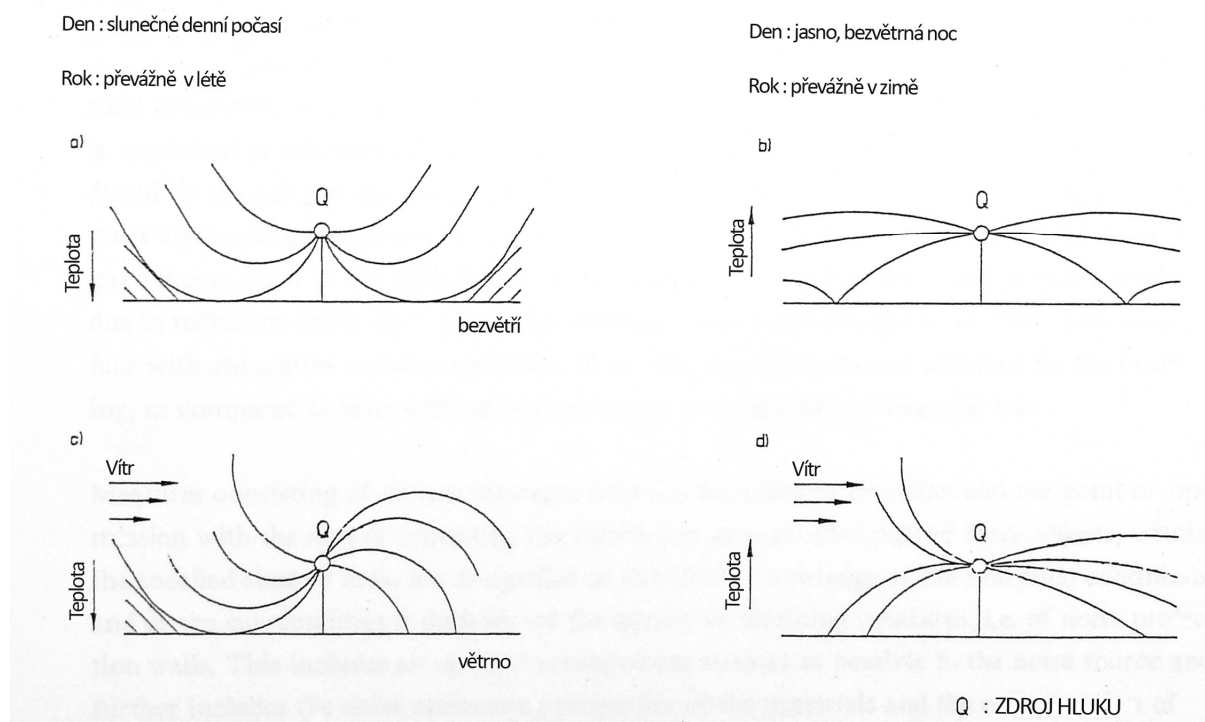


Obr. 5.19 - Vliv vegetace a budov na šíření hluku [R&M Airport Protection Systems APS GmbH]

Výše zmíněné účinky mohou ale mít snížený efekt, například v zimním období, kdy dochází k opadání listů ze stromů. K předejití šíření hluku v těchto obdobích se v určitých případech používá protihluková stěna.

## 5.5 Vliv počasí na šíření zvuku

Šíření zvuku je ovlivňováno počasím především podle aktuálních vlastností větru, jak jeho rychlosti, tak směru vanutí. Dalšími důležitými faktory při šíření zvuku je teplota vzduchu, atmosférický tlak a vlhkost vzduchu. Ke správné volbě typu valu, jeho umístění a směrové situaci je zapotřebí znát všechny tyto vlastnosti a především jejich nejčastější výskyt na daném místě. Při plánování stanoviště k provádění motorových zkoušek nebo návrhu protihlukové stěny je nezbytné znát, jaké atmosférické inverze a jak často změny počasí mohou nastat.



Obr. 5.20 - Vliv teploty a větru na šíření zvuku [R&M Airport Protection Systems APS GmbH]

## 5.6 Ochrana proti úderu blesku

V závislosti na okolních podmínkách a místních předpisech mohou být i valy s protihlukovou stěnou mohou být opatřeny hromosvody. Pro zajištění větší ochrany musí být veškeré vodivé materiály propojeny pro snadnější svod blesku. Z hlediska bezpečnosti by uzemnění mělo být zahrnuto již v plánovacích podkladech.

## **5.7 Osvětlení plochy stanoviště**

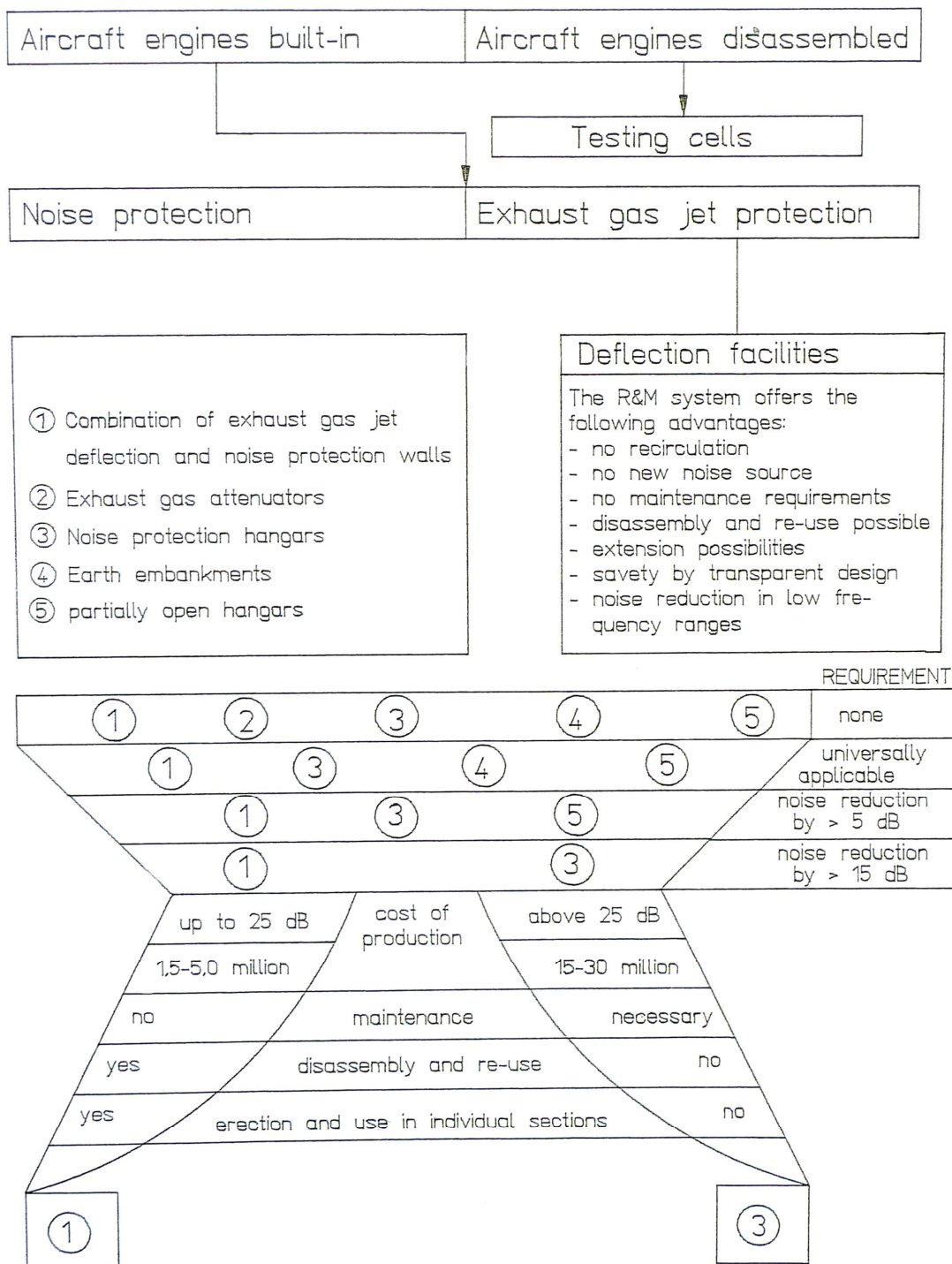
Vyskytují se dva různé typy osvětlení, nouzové a bezpečnostní. Oba dva typy musí zajišťovat osvětlené celé plochy ze všech stran intenzivním světlem (není zapotřebí umisťovat osvětlení ve směru výstupního proudu vzduchu z motorů) v takové míře, aby bylo možné obsluhovat motory bez značně snížených viditelných podmínek.

## **5.8 Průvodce plánování stanoviště**

Následující obrázek (Obr.5.28) znázorňuje postup při volbě správného valu. Jedná se jen o názornou ukázkou v anglickém jazyce, kterou sestavila společnost Protection Systems APS GmbH.

## XII. GUIDE FOR PLANNING

The following representation offers you a possibility for a quick advance estimate of the measures available under consideration of the major criteria. Specific local circumstances are not included and these might eventually have an influence on the weighting.

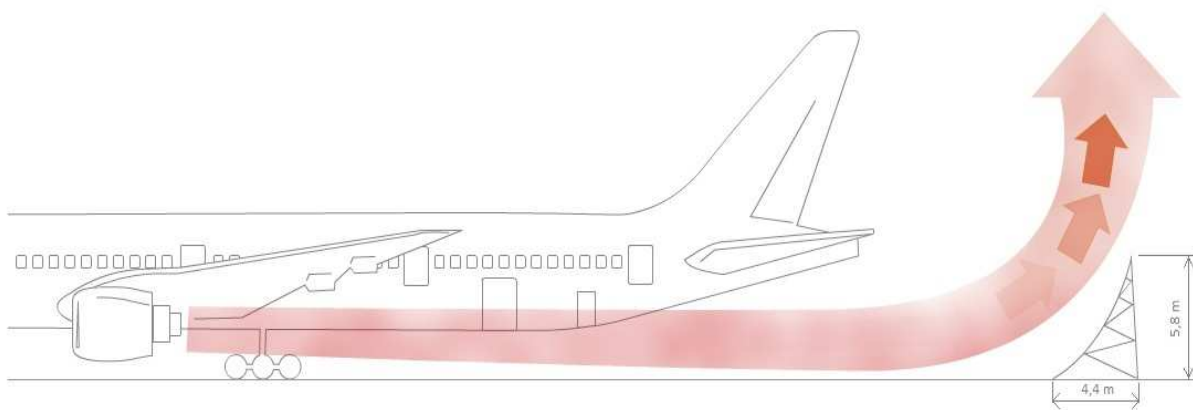


Obr. 5.21 – Vzor plánovacího schématu firmy Protection Systems APS GmbH [R&M Airport Protection Systems APS GmbH]

## 5.9 Předběžný návrh stanoviště k provádění motorových zkoušek

Z výše uvedených možností a postupů při volbě vhodného valu bylo docíleno následujících možností. Návrh je doplněn o obrazovou dokumentaci s návrhem stanoviště k provádění motorových zkoušek.

Pro náš případ je navrhovaná konstrukce valu s výškou 5,8 metru a hloubkou 4,4 metru nejmenším možným povoleným rozměrem doporučeným pro letouny série Boeing 737 a Airbus 319/320/321. Letoun Saab 340 jakožto letoun nižší kategorie těmto rozměrům valu vyhovuje. Nejkratší možná vzdálenost valu od koncové části letounu je při vzletovém režimu motoru 10 metrů a minimálně 18 metrů od konce motoru.



Obr. 5.22 - Doporučené rozměry valu [www.bdi.aero]



Obr. 5.23 - Navržená konstrukce valu [www.bdi.aero]

Situování valu bude ve směru, aby letoun mohl být přistaven přídílí na jihozápad. Toto řešení je navrženo z důvodu, aby se zabránilo ohrožování projíždějících letounů po pojezdové dráze Foxtrot. Případné další rozšíření valu i do jiných směrů je možné.

Pokud bude použito klínů s drážkami i upevňovacích lan, pro zjednodušení je také vhodné doplnit plochu o naváděcí či označovací značky. Proto by bylo vhodné označit plochu pomocí několika čar, které by byly přehledné a z pohledu personálu by byly jednoduše rozeznatelné pro jednoduché navádění letounu do určené nebo požadované pozice. Vzhledem k tomu, že letoun bude muset být kvůli valům v zadní části plochy na svou pozici zatlačen tažným vozem, nejlepším řešením značení by bylo vytvoření čáry o určité tloušťce pro každé kolo přistávacího podvozku zvlášť do místa, kde by byla již přichystaná oka k připevnění upevňovacího lana a zároveň by zde byly drážky pro klíny. Jelikož bude stejné stanoviště pro tři typy letounů, které mají každý jinou vzdálenost mezi podvozky, musí být tato umístění celkem tři. Každé umístění pro navedení letounu by mělo být provedeno odlišnou barvou pro lepší čitelnost.

Důležitou součástí stanoviště k provádění motorových zkoušek je osvětlení. Pro toto osvětlení musí být z bezpečnostních důvodů zajištěn nouzový okruh, kdyby došlo k výpadku proudu.

Následující obrázky znázorňují předběžný návrh umístění valu.

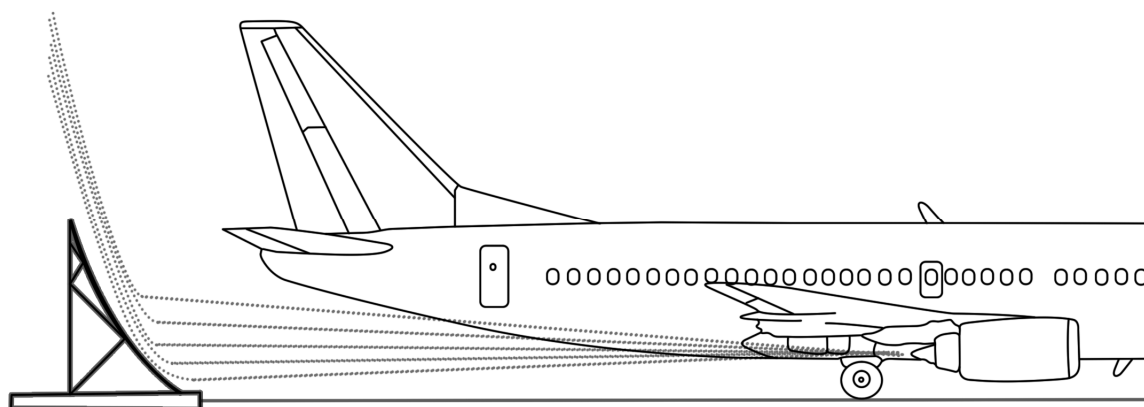


*Obr. 5.24 – Návrh umístění valu na stanovišti k provádění motorových zkoušek, obrázek znázorňuje umístění valu [Microsoft Flight Simulator, [www.apsgermany.de](http://www.apsgermany.de), grafický editor]*





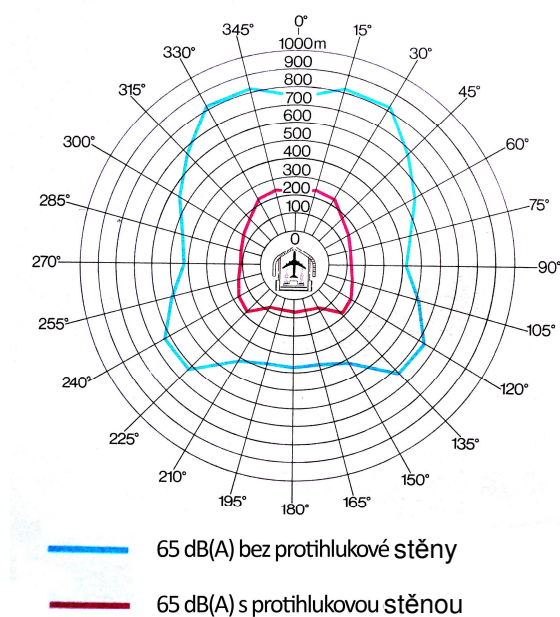
Obr. 5.25 - Návrh umístění valu na stanovišti k provádění motorových zkoušek [Microsoft Flight Simulator, grafický editor]



Obr. 5.26 - Náskres návrhu stanoviště k provádění motorových zkoušek

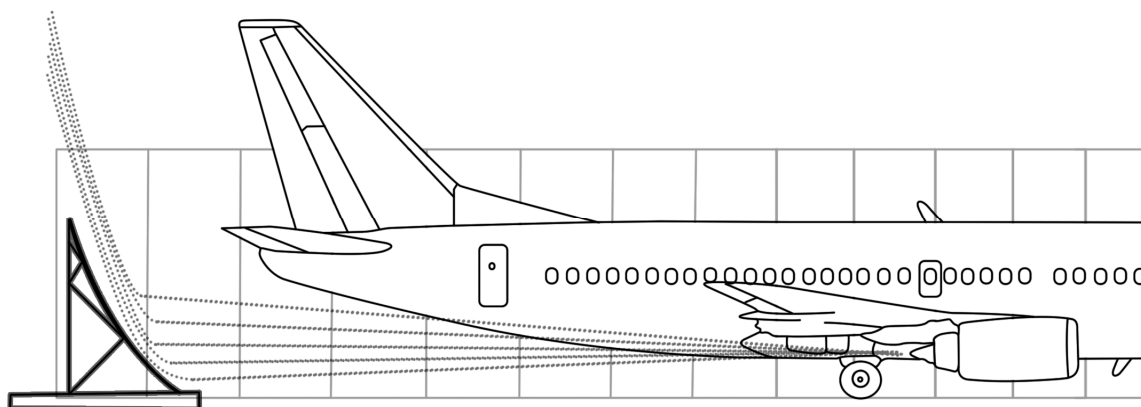
Veškeré další řešení návrhů, umístění a rozměrů valů je dále nezbytné řešit s oddělením pro rozvoj letiště Leoše Janáčka.

Jako další varianta a především vylepšení stanoviště se naskytuje možnost použití protihlukové stěny v kombinaci s valem. Toto řešení je nezbytné pro případ, pokud se v okolí nacházejí obytné oblasti a hluková hladina nevyhovuje požadavkům.



Obr. 5.27 - Vliv protihlukové stěny na šíření zvuku [R&M Airport Protection Systems APS GmbH]

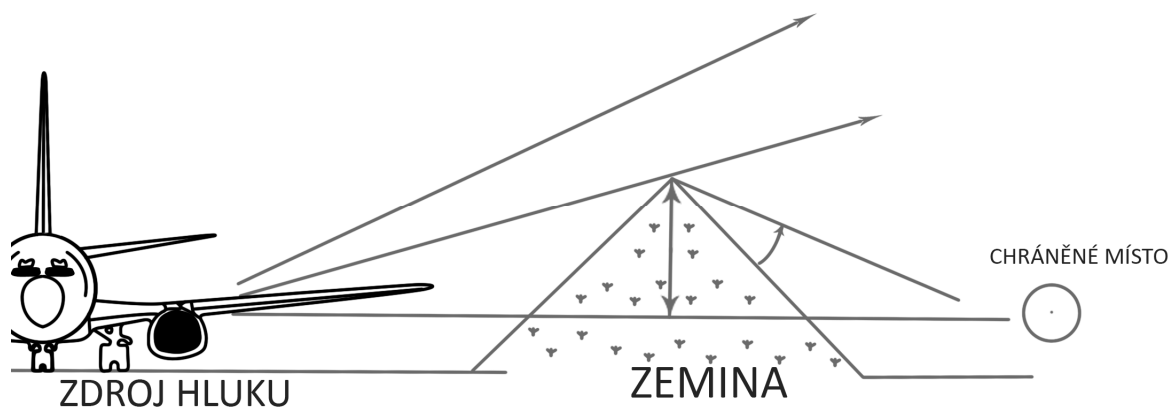
Řešení stanoviště k provádění motorových zkoušek s použitím protihlukové stěny by vypadalo následovně.



Obr. 5.28 - Návrh stanoviště k provádění motorových zkoušek v kombinaci s protihlukovou stěnou

Jestliže je vyžadována protihluková ochrana a zároveň co nejnížší náklady na výstavbu, pak se jako další možnost naskytuje využití přírodních prvků pro zabránění šíření hluku. Základní a nejjednodušší prvek je vysazení zeleně (například stromů) v oblasti, ve které chceme zabránit šíření hluku. Avšak tato možnost není příliš účinná, především v zimním období. K dispozici je řešení z hlediska navýšení zeminy v prostoru nechtěného šíření hluku. Tato varianta je zobrazena na Obr. 5.29.





*Obr. 5.29 - Využití vyvýšeného místa pomocí zeminy jako ochranu proti šíření hluku*

Jak je podle obrázku (Obr. 5.29) patrné, zdroj hluku není v přímém kontaktu s místem, které je zapotřebí chránit. Navýšená zemina způsobuje odraz zvuku do okolní atmosféry. Ve směru chráněného místa prostupuje jen část hluku ze zdroje.

## **6 Zhodnocení cílů bakalářské práce**

V této práci byl proveden návrh pro vylepšení současného stanoviště k provádění motorových zkoušek. Dle zadání zde byl uveden návrh umístění a konstrukce valu pro usměrnění výstupního proudu vzduchu z motoru. Jako opatření pro snížení hluku bylo navrženo více variant. Je tedy možné říci, že práce, která je rozdělena do čtyř hlavních kapitol, splňuje požadavky uvedené v cílech bakalářské práce.

## **7 Závěr**

Ačkoli se ve vojenském letectví používají ochranné prostředky proti šíření výstupnímu proudu vzduchu z motoru po velmi dlouhou dobu, svou cestu k civilnímu letectví si našlo až po nějaké době. Jistou mírou tomu přispívá i rozšiřující se bezpečnostní požadavky na letecký provoz. Můžeme říci, že při použití ochranných prostředků, jako jsou valy, dochází k nižším ekonomickým ztrátám především díky menšímu ovlivňování okolní plochy, která by jinak musela být uzavřena. Výhoda těchto prostředků je tedy zřejmá.

Je téměř jisté, že se bude výstavba těchto ochranných prostředků v budoucnu postupně rozšiřovat na všechna civilní letiště, na kterých jsou provozována dopravní letadla.

## Použitá literatura

- [1] BOEING COMPANY, The 737-600/700/800/900 aircraft maintenance manual, 2010, 1330 s.
- [2] BOEING COMPANY, The 737-300/400/500 aircraft maintenance manual, 2010, 1345 s.
- [3] AIRBUS COMPANY, The Aircraft Maintenance Manual A319/A320/A321, 2004, 2910 s.
- [4] SCHAFHAUPT, Horst; Protection Facilities at Airports. Německo, 2002, 35 s. Oborová práce. Protection Systems APS GmbH.
- [5] ŠULC, Jiří; studijní modul 9 lidský činitel, Brno, akademické nakladatelství cerm, s.r.o., 2004. ÚLOHY, s. 77 - 78. ISBN 80-7204-364-1.
- [6] BDI.AERO [online], 2010, Blast Deflectors, Inc. Dostupné z WWW: [www.bdi.aero](http://www.bdi.aero), [cit. 2011-04-28].
- [7] AIRPORT PROTECTION SYSTEMS GMBH [online], 2011, Airport Protection Systems GmbH. Dostupné z WWW: [www.apsgermany.de](http://www.apsgermany.de), [cit. 2011-04-28].

### Internetové zdroje:

- [8] [www.historyofpia.com](http://www.historyofpia.com) (18. 11. 2010)
- [9] [www.patsnap.com](http://www.patsnap.com) (22. 11. 2010)
- [10] [www.damets70.org](http://www.damets70.org) (28. 2. 2011)
- [11] [www.flightglobal.com](http://www.flightglobal.com) (28. 2. 2011)
- [12] [www.apsgermany.de](http://www.apsgermany.de) (19. 3. 2011)
- [13] [www.maps.google.com](http://www.maps.google.com) (29. 3. 2011)
- [14] [www.industrialacoustics.com](http://www.industrialacoustics.com) (29. 3. 2011)